

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-141866

(P2004-141866A)

(43) 公開日 平成16年5月20日(2004.5.20)

(51) Int. Cl.⁷

B05D 1/26

B05C 5/00

B05D 5/06

H01L 21/027

F I

B05D 1/26

B05C 5/00

B05D 5/06

H01L 21/30

Z

101

B

564Z

テーマコード (参考)

4D075

4F041

5F046

審査請求 未請求 請求項の数 37 O L (全 49 頁)

(21) 出願番号 特願2003-341003 (P2003-341003)
 (22) 出願日 平成15年9月30日 (2003.9.30)
 (31) 優先権主張番号 特願2002-286741 (P2002-286741)
 (32) 優先日 平成14年9月30日 (2002.9.30)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000005821
 松下電器産業株式会社
 大阪府門真市大字門真1006番地
 (74) 代理人 100086405
 弁理士 河宮 治
 (74) 代理人 100091524
 弁理士 和田 充夫
 (72) 発明者 丸山 照雄
 大阪府門真市大字門真1006番地 松下
 電器産業株式会社内
 (72) 発明者 井上 隆史
 大阪府門真市大字門真1006番地 松下
 電器産業株式会社内

最終頁に続く

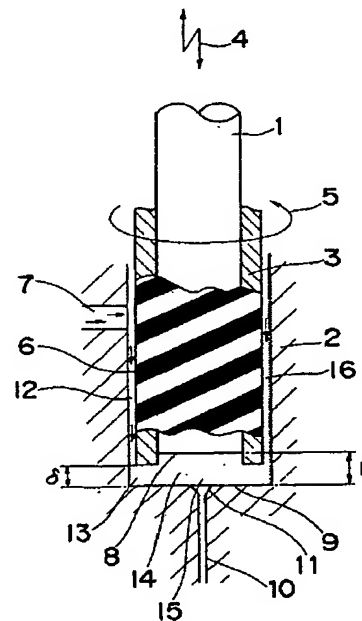
(54) 【発明の名称】 流体吐出方法及び流体吐出装置

(57) 【要約】

【課題】 電子部品、家電製品、ディスプレイなどの分野における生産工程において、接着剤、クリーンハンダ、蛍光体、電極材料、グリース、ペイント、ホットメルト、薬品、食品などの各種液体を、高速かつ高精度に間欠定量吐出・供給する。

【解決手段】 隙間方向に相対移動する2面に流体を供給する流体補給装置を配置し、上記相対移動面の隙間の変動による圧力変化を利用して流体補給装置から補給される連続流を間欠流に変換すると共に、1ドット当たりの間欠吐出量は上記流体補給装置の回転数により調節する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

2つの部材の2つの対向面間に形成された隙間の隙間方向に上記2つの部材を相対移動させながら、この隙間に流体補給装置から流体を供給させて、上記隙間を変化させることによる圧力変化を利用して上記流体を間欠吐出すると共に、1ドット当たりの上記流体の吐出量を上記流体補給装置の圧力及び流量特性により調節することを特徴とする流体吐出方法。

【請求項 2】

上記流体補給装置の圧力・流量特性は、上記流体補給装置の回転数を変えて設定することを特徴とする請求項 1 に記載の流体吐出方法。

10

【請求項 3】

上記隙間の最小値或いは平均値を h_0 として、1ドット当たりの上記流体の間欠吐出量が上記隙間 h_0 に対して概略比例関係にある上記隙間 h_0 の設定範囲を $0 < h_0 < h_x$ とし、間欠吐出量が上記隙間 h_0 に対して概略一定となる上記隙間 h_0 の設定範囲を $h_0 > h_x$ とし、かつ、 h_x は、 $0 < h_0 < h_x$ の領域における h_0 に対する上記1ドット当たりの間欠吐出量の包絡線と、 $h_0 > h_x$ の領域で上記1ドット当たりの間欠吐出量が h_0 に依存しないで概略一定となる部分の値の交点とすると、上記隙間を $h_0 > h_x$ の範囲に設定して間欠吐出することを特徴とする請求項 1 に記載の流体吐出方法。

【請求項 4】

上記2つの部材の2つの対向面間に形成された上記隙間の大きさに逆比例し、かつ上記隙間の時間微分に比例して発生する流体圧力を第1次スクイーズ圧力とし、上記隙間の時間微分に比例し、かつ上記流体補給装置の内部抵抗に比例して発生する流体圧力を第2次スクイーズ圧力とし、上記隙間の最小値或いは平均値を h_0 として、1ドット当たりの流体の間欠吐出量が上記隙間 h_0 に対して概略比例関係にある上記隙間 h_0 の設定範囲を $0 < h_0 < h_x$ とし、上記間欠吐出量が上記隙間 h_0 に対して概略一定となる上記隙間 h_0 の設定範囲を $h_0 > h_x$ とし、かつ、 h_x は、 $0 < h_0 < h_x$ の領域における h_0 に対する上記1ドット当たりの間欠吐出量の包絡線と、 $h_0 > h_x$ の領域で上記1ドット当たりの間欠吐出量が h_0 に依存しないで概略一定となる部分の値の交点とすると、上記隙間を $h_0 > h_x$ の範囲に設定して上記第2次スクイーズ圧力の作用により間欠吐出することを特徴とする請求項 1 に記載の流体吐出方法。

20

30

【請求項 5】

上記2つの部材の2つの対向面間の上記隙間の大きさに逆比例し、かつ上記隙間の時間微分に比例して発生する流体圧力を第1次スクイーズ圧力とし、上記隙間の時間微分に比例し、かつ上記流体補給装置の内部抵抗に比例して発生する流体圧力を第2次スクイーズ圧力とし、上記隙間の最小値或いは平均値を h_0 として、1ドット当たりの間欠吐出量が上記隙間 h_0 に対して概略比例関係にある上記隙間 h_0 の設定範囲を $0 < h_0 < h_x$ 、間欠吐出量が上記隙間 h_0 に対して概略一定となる上記隙間 h_0 の設定範囲を $h_0 > h_x$ とし、かつ、 h_x は、 $0 < h_0 < h_x$ の領域における h_0 に対する上記1ドット当たりの間欠吐出量の包絡線と、 $h_0 > h_x$ の領域で上記1ドット当たりの間欠吐出量が h_0 に依存しないで概略一定となる部分の値の交点とすると、上記隙間 h_0 を $h_0 \approx h_x$ 或いは、 $0 < h_0 < h_x$ の範囲に設定して吐出量を調節することを特徴とする請求項 1 に記載の流体吐出方法。

40

【請求項 6】

h_x は、 $0 < h_0 < h_x$ の領域における h_0 に対する1ドット当たりの間欠吐出量の曲線の包絡線と、 $h_0 > h_x$ の領域で上記曲線が h_0 に対して概略一定となる部分の値の交点であることを特徴とする請求項 3 に記載の流体吐出方法。

【請求項 7】

上記流体補給装置の流体内部抵抗を R_s (kgsec/mm²)、2つの部材間の対向面の隙間 h_0 に依存して決まる上記2つの部材間の対向面の半径方向の流体抵抗を R_p (kgsec/mm²)、上記吐出口の流体抵抗を R_n (kgsec/mm²) とするとき、

50

【数 1】

$$\phi = \frac{1}{R_n + R_p + R_s}$$

として、関数 ϕ を定義するとき、 h_x は、 $0 < h < h_x$ の領域における h に対する曲線 ϕ の包絡線と、 $h_0 > h_x$ の領域で曲線 ϕ が h_0 に依存しないで概略一定となる部分の値の交点であることを特徴とする請求項 3 に記載の流体吐出方法。

【請求項 8】

上記隙間の時間微分の最大値を V_{max} 、上記 2 つの部材間の対向面の外周部の平均半径を r_0 (mm)、上記吐出開口部の平均半径を r_i (mm)、流体補給装置の最大流量を Q_{max} とするとき、

【数 2】

$$Q_{max} < \pi(r_0^2 - r_i^2)V_{max}$$

であることを特徴とする請求項 1 に記載の流体吐出方法。

【請求項 9】

独立した軸方向駆動装置によって隙間方向に相対移動する上記 2 つの部材が複数セット配置されており、1 セットの流体補給装置がこれらの 2 つの部材間に流体を分枝して供給することを特徴とする請求項 1 に記載の流体吐出方法。

【請求項 10】

上記各 2 つの部材の対向面間の隙間をそれぞれ $h_0 \equiv h_x$ 、近傍或いは、 $0 < h_0 < h_x$ の範囲に設定して各吐出量を調節することを特徴とする請求項 9 に記載の流体吐出方法。

【請求項 11】

基板の塗布対象面が幾何学的対称であることを利用して、吐出ノズルと基板を相対的に走行させながら、1 ドット当りの同一吐出量を同一時間間隔を経て周期的に塗布するように間欠吐出することを特徴とする請求項 1 に記載の流体吐出方法。

【請求項 12】

上記塗布対象面はディスプレイパネルであることを特徴とする請求項 1 に記載の流体吐出方法。

【請求項 13】

流体補給装置により隙間方向に相対移動する 2 つの部材の対向面に流体を供給し、上記対向する 2 つの対向面間の隙間を h (mm)、この h の時間微分を dh/dt 、上記 2 つの部材間の対向面の外周部の平均半径を r_0 (mm)、上記隙間と外部とを連通する吐出開口部の平均半径を r_i (mm)、流体の粘性係数を μ (kgsec/mm²)、上記流体補給装置の流体内部抵抗を R_s (kgsec/mm⁵)、上記 2 つの部材間の対向面の半径方向の流体抵抗を R_p (kgsec/mm⁵)、上記吐出口の流体抵抗を R_n (kgsec/mm⁵)、上記流体補給装置の最大圧力と補給圧力の和を P_{s0} 、間欠吐出の周波数を f (1/sec) として、第 1 次スクイーズ圧力 P_{squ1} 、第 2 次スクイーズ圧力 P_{squ2} を

【数 3】

$$P_{squ1} = -\frac{3\mu}{h^3} \frac{dh}{dt} \left\{ (r_0^2 - r_i^2) + 2r_i^2 \ln \frac{r_i}{r_0} \right\}$$

$$P_{squ2} = -R_s \pi \frac{dh}{dt} (r_0^2 - r_i^2)$$

として定義し、上記隙間 h の時間微分 dh/dt が最大値をもつときの第 1 次スクイーズ圧力 $P_{squ1} = P_{squ10}$ 、第 2 次スクイーズ圧力 $P_{squ2} = P_{squ20}$ とするとき、 $P_{s0} + P_{squ10} + P_{squ20} < 0$ とすることを特徴とする請求項 1 に記載の流体吐出方法。

【請求項 1 4】

塗布対象面と、上記隙間に連通する吐出ノズルとを相対的に移動させながら上記吐出として塗布する塗布プロセスにおいて、2つの対向面間の隙間を与える変位入力信号 S_h に対して、位相が概略 $\Delta \theta = \pi / 2$ 進んで塗布されることを考慮して、塗布対象面と吐出ノズルの相対位置と上記変位入力信号 S_h のタイミングを合わせたことを特徴とする請求項 1 に記載の流体吐出方法。

【請求項 1 5】

電磁歪素子により、上記2つの部材を相対移動させることを特徴とする請求項 1 に記載の流体吐出方法。

【請求項 1 6】

隙間方向に相対移動する2つの部材の塗布停止直前の振幅は、定常間欠塗布時の振幅よりも大であることを特徴とする請求項 1 に記載の流体吐出方法。

【請求項 1 7】

バリアリブによって周囲を囲まれた独立リブが幾何学的対称に形成された基板に対して、隙間を通して流体を吐出するディスペンサを相対的に移動させながら、蛍光体ペーストを間欠吐出させることにより、上記独立セル内部に順次上記蛍光体ペーストを塗布して蛍光体層を形成するプラズマディスプレイパネルの蛍光体層形成方法であることを特徴とする請求項 1 に記載の流体吐出方法。

【請求項 1 8】

上記バリアリブの頂点と吐出ノズル先端の距離 H を 0.5 mm 以上離れた状態で、上記吐出ノズルから上記蛍光体ペーストを飛翔させて塗布することを特徴とする請求項 1 7 に記載の流体吐出方法。

【請求項 1 9】

上記 H は 1.0 mm 以上であることを特徴とする請求項 1 8 に記載の流体吐出方法。

【請求項 2 0】

独立した軸方向駆動装置によって隙間方向に相対移動する2つの部材の2つの対向面が複数セット配置されており、1セットの流体補給装置がこれらの2つの部材の2つの対向面間に流体を分枝して供給すると共に、上記流体補給装置と上記相対移動する2つの部材の2つの対向面を繋ぐ流路の途中に流体通路抵抗を可変できる流量補正装置を設けることにより各吐出量を調節することを特徴とする請求項 1 に記載の流体吐出方法。

【請求項 2 1】

相対移動する2つの部材の2つの対向面の隙間を振幅 h_1 で変動させながら間欠塗布する塗布工法において、上記振幅 h_1 よりも大きな振幅 h_2 で2つの部材の対向面の隙間を増大させて吐出を遮断後、遮断後の隙間の中心値が、遮断直前の隙間の中心値に徐々に等しくなるように、上記振幅 h_1 で複数回間欠塗布することを特徴とする請求項 1 に記載の流体吐出方法。

【請求項 2 2】

塗布開始から $n - 1$ 回目の塗布終了時の時間を T_{n-1} 、 n 回目の塗布開始時の時間を T_n 、時間間隔 $\Delta T = T_n - T_{n-1}$ とするとき、上記 ΔT の値を設定することにより n 回目の1ドット当たりの塗布量を調節することを特徴とする請求項 1 に記載の流体吐出方法。

【請求項 2 3】

隙間方向に相対移動する2つの部材と、
この2つの部材で形成される吐出室と、
上記吐出室に流体を供給する流体補給装置と、
上記流体補給装置の上流側に設けられた吸入口と、
上記吐出室と外部を連絡する吐出口で構成される流体吐出装置であって、
上記2つの部材で形成される隙間の変動による圧力変化を利用して吐出口から流体を間欠吐出すると共に、1ドット当たりの吐出量を上記流体補給装置の圧力及び流量特性の設定により調節することを特徴とする流体吐出装置。

【請求項 2 4】

2つの部材の2つの対向面の隙間の大きさに逆比例し、かつ上記隙間の時間微分に比例して発生する流体圧力を第1次スクイーズ圧力、上記隙間の時間微分に比例し、かつ流体補給装置の内部抵抗に比例して発生する流体圧力を第2次スクイーズ圧力とすると、上記隙間の最小値或いは平均値を h_0 として、1ドット当たりの間欠吐出量が上記隙間 h_0 に対して概略比例関係にある上記隙間 h_0 の設定範囲を $0 < h_0 < h_x$ 、間欠吐出量が上記隙間 h_0 に対して概略一定となる上記隙間 h_0 の設定範囲を $h_0 > h_x$ とし、かつ、 h_x は、 $0 < h_0 < h_x$ の領域における h_0 に対する上記1ドット当たりの間欠吐出量の包絡線と、 $h_0 > h_x$ の領域で上記1ドット当たりの間欠吐出量が h_0 に依存しないで概略一定となる部分の値の交点とすると、上記隙間を $h_0 > h_x$ の範囲に設定して上記第2次スクイーズ圧力の作用により間欠吐出することを特徴とする請求項 2 3に記載の流体吐出装置。

10

【請求項 2 5】

2つの部材間の対向面間の隙間の大きさに逆比例し、かつ上記隙間の時間微分に比例して発生する流体圧力を第1次スクイーズ圧力とし、上記隙間の時間微分に比例し、かつ流体補給装置の内部抵抗に比例して発生する流体圧力を第2次スクイーズ圧力とすると、上記隙間の最小値或いは平均値 h_0 の設定範囲を $0 < h_0 < h_x$ とし、上記隙間 h_0 に対して概略一定となる上記隙間 h_0 の設定範囲を $h_0 > h_x$ とし、かつ、 h_x は、 $0 < h_0 < h_x$ の領域における h_0 に対する上記1ドット当たりの間欠吐出量の包絡線と、 $h_0 > h_x$ の領域で上記1ドット当たりの間欠吐出量が h_0 に依存しないで概略一定となる部分の値の交点とするときには、上記隙間を $h_0 \approx h_x$ 或いは、 $0 < h_0 < h_x$ の範囲に設定して吐出量を調節することを特徴とする請求項 2 3に記載の流体吐出装置。

20

【請求項 2 6】

独立した軸方向駆動装置によって隙間方向に相対移動する上記2つの部材が複数セット配置されており、1セットの流体補給装置がこれらの2つの部材の対向面間に流体を分枝して供給することを特徴とする請求項 2 3に記載の流体吐出装置。

【請求項 2 7】

独立した軸方向駆動装置によって隙間方向に相対移動する上記2つの部材が複数セット配置されており、1セットの流体補給装置がこれらの2つの部材に流体を分枝して供給すると共に、上記各2つの部材の対向面間の隙間の最小値あるいは平均値をそれぞれ $h_0 \approx h_x$ 近傍あるいは、 $0 < h_0 < h_x$ の範囲に設定して各吐出量を調節することを特徴とする請求項 2 5に記載の流体吐出装置。

30

【請求項 2 8】

上記流体補給装置は、回転数によって流量が可変できるポンプであることを特徴とする請求項 2 3に記載の流体吐出装置。

【請求項 2 9】

上記流体補給装置は、ねじ溝ポンプから構成されることを特徴とする請求項 2 8に記載の流体吐出装置。

【請求項 3 0】

上記2つの部材の対向面間の上記隙間の最小値あるいは平均値を h_0 とすると、 $h_0 > 0.05 \text{ mm}$ であることを特徴とする請求項 2 3に記載の流体吐出装置。

40

【請求項 3 1】

軸を収納するスリーブと、
 上記軸及び上記スリーブを収納するハウジングと、
 上記スリーブを上記ハウジングに対して相対的に回転させる装置と、
 上記軸を上記ハウジングに対して軸方向相対変位を与える軸方向駆動装置と、
 上記軸の吐出側端面と上記ハウジングで形成される吐出室と、
 上記スリーブと上記ハウジングの相対的な回転を利用して上記吐出室に流体を供給する流体補給装置と、

この吐出室と外部を連絡する流体の吸入口及び吐出口と、

50

上記吐出室内に流入された上記流体を上記軸方向駆動装置によって上記吐出口側へ圧送する装置とより構成される流体吐出装置において、

上記吐出室の上記隙間の変動による圧力変化を利用して、上記流体補給装置から補給される連続流を間欠流に変換すると共に、1ドット当たりの間欠吐出量を回転数の設定により調節することを特徴とする流体吐出装置。

【請求項 3 2】

上記軸と上記スリーブは一体化された構造であることを特徴とする請求項 3 1 に記載の流体吐出装置。

【請求項 3 3】

軸とハウジング間に軸方向相対変位を与える軸方向駆動装置と、

上記軸の端面と上記ハウジングで形成される吐出室と、

この吐出室に流体を供給する流体補給装置と、

この吐出室と上記流体補給装置を連絡する流通路と、

この流体補給装置に設けられた吸入口と、

上記吐出室と外部を連絡する吐出口とより構成される流体吐出装置において、

上記吐出室の上記隙間の変動による圧力変化を利用して、上記流体補給装置から補給される連続流を間欠流に変換すると共に、1ドット当たりの間欠吐出量を回転数、あるいは上記流通路から上記吐出口に繋がる区間の上記隙間の設定により調節することを特徴とする流体吐出装置。

【請求項 3 4】

1 セットの上記流体補給装置から分枝した流通路を経て複数セットの上記吐出室に流体を供給する構成であることを特徴とする請求項 3 3 に記載の流体吐出装置。

【請求項 3 5】

上記流通路は変形容易なフレキシブルパイプであることを特徴とする請求項 3 3 に記載の流体吐出装置。

【請求項 3 6】

上記 2 つの部材を相対移動させる装置は電磁歪素子であることを特徴とする請求項 2 3 に記載の流体吐出装置。

【請求項 3 7】

隙間方向に 2 つの部材を相対移動させながら、この隙間に流体補給装置から流体を供給させて、上記隙間を変化させることによる圧力変化を利用して吐出の遮断と開放を制御すると共に、上記隙間の最小値或いは平均値を h_0 として、定常時の吐出量 Q が上記隙間 h_0 に対して概略比例関係にある上記隙間 h_0 の設定範囲を $0 < h_0 < h_x$ 、吐出量が上記隙間 h_0 に対して概略一定となる上記隙間 h_0 の設定範囲を $h_0 > h_x$ とするとき、上記隙間を $h_0 > h_x$ の範囲に設定して吐出することを特徴とする流体吐出方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、情報・精密機器、工作機械、FA などの分野、あるいは半導体、液晶、ディスプレイ、表面実装などの様々な生産工程で必要とされる微少流量の流体吐出方法及び流体吐出装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

液体吐出装置（ディスペンサ）は従来から様々な分野で用いられているが、近年の電子部品の小型化・高記録密度化のニーズにともない、微少量の流体材料を高精度でかつ安定して供給制御する技術が要請される様になっている。例えば、プラズマディスプレイ、CRT、有機 EL などのディスプレイの分野では、従来のスクリーン印刷、フォトリソグラフィ等の工法に代わり、蛍光体・電極材をパネル面にマスクレスでダイレクトにパターンニングする要望が大きい。そのためのディスペンサの課題を要約すれば、

(i) 塗布量の微細化

10

20

30

40

50

(ii) 塗布量の高精度化

(iii) 塗布時間の短縮

である。

【0003】

さて、機械加工における加工精度はミクロンからサブミクロンのオーダーに入りつつある。半導体・電子部品の分野では、サブミクロン加工は普通であるが、メカトロニクスと共に進歩している機械加工の分野でも、超精密加工に対する需要が急増している。近年、超精密加工技術の導入と共に、超磁歪素子、圧電素子で代表される電磁歪素子がマイクロ・アクチュエータとして適用されるようになってきている。この電磁歪素子を流体圧力の発生源として利用することにより、微量の液滴を高速で噴射させる噴射装置が提案されている。 10

【0004】

たとえば、超磁歪素子を用いて、任意の1個の液滴を噴射する方法が、特開2000-167467号に開示されている。図24において、502はガラスパイプ、ステンレスパイプ等の非磁性材質からなるシリンダである。このシリンダ502の端部に液体の貯留部503と微細な噴射口を有した噴射ノズル504が形成されている。シリンダ502の内部には、棒状を成した超磁歪材料からなるアクチュエータ505が移動可能に収納されている。噴射ノズル504に向くアクチュエータ505の端部にピストン506が接離可能に設けられている。

【0005】

アクチュエータ505の他端部とシリンダ502の端部のストッパ507の間には、スプリング508を介在させてアクチュエータ505をスプリング508により前進するように付勢されている。また、シリンダ502の外周部のピストン506に近い位置に、コイル509が巻成されている。 20

【0006】

上記構成からなる噴射装置において、該コイル509に電流を瞬間的に流すことにより、上記超磁歪材料に瞬間磁界を作用させて超磁歪材料の軸端部に弾性波による瞬時の過渡的変位を発生させる。その作用により、シリンダ502内に充填した液体を微量な1個の液滴としてノズル504から噴射できる、としている。

【0007】

従来、液体吐出装置として、図25に示す様なエアーパルス方式によるディスペンサが広く用いられており、例えば「自動化技術'93.25巻7号」等にその技術が紹介されている。 30

【0008】

この方式によるディスペンサは、定圧源から供給される定量の空気を容器600（シリンダ）の内部601にパルスの印加させ、シリンダ600内の圧力の上昇分に対応する一定量の液体をノズル602から吐出させるものである。

【0009】

高速間欠塗布を目的として、図26に示すようなディスペンサ（以降便宜上「ジェット式」と呼ぶことにする）が実用化されている。550はマイクロメータ、551はスプリング、552はピストンのシール部材、553はピストン室、554はヒーター、555はニードル、556はシート部に向けて流動する塗布材料、557はディスペンサから飛翔するドット状の塗布材料である。図27A、図27Bは、図26の吐出部近傍558を示すモデル図であり、図27Aは吸入工程、図27Bは吐出工程を示す。559はニードル555の吐出側端部に形成された球面形状の凸部、560は吐出チップ部、561はこの吐出チップ部560に形成された球面形状の凹部、562は吐出ノズルである。563は球面形状の凸部559と凹部561によって形成されるポンプ室である。 40

【0010】

吸入工程である図27Aにおいて、ピストン室553の供給エアーパルスがONのとき、スプリング551に抗してニードル555が上昇する。このとき球面形状の凸部559 50

と凹部561の間で形成される吸入部564が開放状態となり、塗布材料556はこの吸入部564からポンプ室563に充填される。吐出工程である図27Bにおいて、エアパルスがOFFのとき、すなわち、ピストン室553にエア圧が加わらないとき、ニードル555はスプリング551の力によって下降する。このとき、吸入部564は遮蔽状態となり、ポンプ室563内の流体は吐出ノズル562を除いた密閉空間で圧縮されるため、高圧が発生し流体は飛翔して流出する。

【0011】

民生用プリンタとして広く用いられてきたインクジェット方式を、産業用の塗布装置として適用する開発がなされている。図28は、インクジェット記録装置におけるヘッド部の従来例（特開平11-10866号）を示すもので、651は基台、652は振動板、653は積層型圧電素子、654はインク室、655は共通インク室、656はインク流路（絞り部）、657はノズルプレート、658は吐出ノズルである。圧力印加手段である圧電素子653に電圧を加えると、圧電素子653は振動板652を厚み方向に変形させ、インク室654の容積が減少する。その結果、流体が圧縮されてインク室654の圧力が上昇するため、流体の一部はインク流路656を通過して共通インク室655側に逆流するが、残り分はノズル658から大気に放出される。

【0012】

【特許文献1】特開平11-10866号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

近年益々高精度化、超微細化していく回路形成の分野、あるいはPDP、CRTなどの映像管の電極トリブ及び蛍光面の形成、液晶、光ディスク、有機ELなどの製造工程の分野において、微細塗布すべき流体材料の多くは高粘度の粉流体である。従来工法をディスペンサによるダイレクト・パターンニング工法に置き換えるためには、数ミクロンから数十ミクロンの平均外径を有する微粒子を含む微小量の高粘度粉流体、たとえば、蛍光体、導電性カプセル、半田、電極材料などを、高速・高精度で、流路の目詰まりなく、高い信頼性のもとで、対象の基板上にいかにして微細塗布できるかが最大の課題である。

【0014】

以下、プラズマディスプレイパネルの蛍光体層形成工程を例に上げて、下記従来技術の課題について述べる。

【0015】

【1】 スクリーン印刷方式、フォトリソグラフィー方式の課題

【2】 従来ディスペンサ技術を用いて、蛍光体層をダイレクト・パターンニングする場合の課題

最初に、上記【1】について説明する。

【0016】

（1）プラズマディスプレイパネルの構造について

図29はプラズマディスプレイパネル（以下PDP）の構造の一例を示すものである。PDPは、大きく分けて前面板800と背面板801より構成される。前面板800を構成する透明基板である第一基板802に、複数組の線状透明電極803を形成する。また、背面板801を構成する第二基板804には、上記線状透明電極と直交する複数組の線状電極805を平行に設ける。上記2つの基板を蛍光体層が形成されたバイアスリブ806を介在して対向させ、そのバイアスリブ806内に放電性ガスを封入する。両基板の電極間に閾値以上の電圧を印加すると、電極が直交し合う位置で放電が起こって放電性ガスが発光し、その発光を透明な第一基板802を通して観察することができる。そして、放電位置（放電点）を制御することにより第一基板側に画像を表示することができる。PDPによりカラー表示を行うためには、各放電点において放電時に放射される紫外線により所望の色を発色する蛍光体を、各放電点に対応する位置（バリアリブの隔壁）に形成する。フルカラー表示を行うためには、RGBの各蛍光体を形成する。

【0017】

前面板800と背面板801の構成について、もう少し詳しく説明する。

【0018】

前面板800は、ガラス基板等の透明基板からなる第一基板802の内面側に、2本で一組となる線状の透明電極803を平行に複数組、ITO等により形成する。この線状透明電極803の内面側表面にライン抵抗値を小さくするためのバス電極807が形成されている。これらの透明電極803及びバス電極807を被覆する誘電体層808を前面板800の内面全領域に形成し、保護層であるMgO層809を誘電体層808の表面全領域に形成した構造を有する。

【0019】

一方、背面板801の第二基板804の内面側には、上記前面板800の線状透明電極803と直交する線状のアドレス電極805を平行に複数本、銀材料等により形成する。また、このアドレス電極805を被覆する誘電体層810を背面板801の内面全領域に形成する。誘電体層810の上に、各アドレス電極805を隔離すると共に、前面板800と背面板801のギャップ間隔を一定に維持するために所定高さのバリアリブ（隔壁）806を各アドレス電極805の間に突出して形成している。このバリアリブ806により、各アドレス電極805に沿ってセル811を形成し、その内面にRGB各色の蛍光体812を順次形成している。セル構造によるPDPは、図29で示すような放電点を一個ずつ独立セル内に有するものと、一列毎に隔壁により仕切ったセル構造（図示せず）のものがある。近年、上記「独立セル方式」がPDPの性能向上が図れる方式として注目されている。その理由は、セルを4方のバリアリブでワッフル状に囲うことにより、隣接するセル間の光漏れを防ぐことができると共に、発光体の面積を増加できるからである。その結果、発光効率と発光量（輝度）を高め、高コントラストの画像が実現できる、というのが「独立セル方式」の特徴とされる。セル壁面に形成される蛍光体層は、発色性をよくするために一般的に10～40 μ m程度に厚盛りされる。上記RGB蛍光体層を形成するには、各セル内に蛍光体用塗工液を充填後、乾燥させることにより揮発分が除去されて、セル内面に肉厚の蛍光体が形成され、同時に放電性ガスを充填する空間が創成される。このような厚膜の蛍光体パターンを形成するために、蛍光体を含有する塗工材料は、溶剤の量を少なくした数千mPas～数万mPasの高粘度ペースト状流動体（蛍光体用ペースト）に調製され、従来からスクリーン印刷又はフォトリソグラフィーにより基板に塗布される。

【0020】

(2) 従来スクリーン印刷方式の課題

従来スクリーン印刷方式を採用した場合、画面が大型化すると張力によるスクリーン版の伸びが大きく、画面全体でスクリーン印刷板の精度の高い位置合わせをするのが困難となった。また、蛍光体材料を充填しようとするると隔壁の頂上部分にまで材料が載ってしまい、「独立セル方式」の場合、バリアリブ間のクロストークに繋がる問題となった。そのため、隔壁の頂上部分に附着した材料を除去するために研磨工程を導入するなどの方策が必要であった。また、スキージ圧力の違いによって、蛍光体材料の充填量が変化し、その圧力調整は極めて微妙であり作業者の熟練度に依存する部分が多い。そのため背面板全領域にわたって、全ての独立セルに一定の充填量を得るのは容易でない。

【0021】

(3) 従来フォトリソグラフィーの課題

従来フォトリソグラフィーの場合は次のような課題があった。この工法では、リブ間のセル内に感光性の蛍光体用ペーストを圧入後、露光及び現像工程により、所定のセル内に圧入された感光性組成物のみを残留させる。その後、焼成工程を経て、感光性組成物中の有機物を消失させ蛍光体層のパターンを形成する。この工法では、使用するペーストが蛍光体粉を含有しているため紫外線に対する感度が低く、蛍光体層の膜厚を10 μ m以上にすることが難しかった。そのため、十分な輝度が得られないという問題があった。

【0022】

また、フォトリソグラフィーを採用する場合、各色毎に露光及び現像工程が必須であるが、ペーストの塗工層に蛍光体が高濃度で含有されていることから現像除去による蛍光体の損失が大きく、蛍光体の有効利用率は30%弱に止まるため、コスト面で大きな課題があった。

【0023】

〔2〕 従来ディスペンサ技術を用いて、蛍光体層をダイレクト・パターンニングする場合の課題

（1）エアノズル式のディスペンサの課題

回路実装などの分野で、広く利用されているエアノズル式のディスペンサ（図25）を用いて、映像管に塗布する試みが従来からなされている。エアノズル式の場合、高粘度流体を高速で連続塗布させるのは困難なため、微粒子は低粘度の流体で希釈して塗布される。PDP、CRTなど映像管の蛍光体塗布の場合、微粒子の粒径はたとえば、3～9 μm であり、その比重は4～5程度である。この場合、粒子単体が重いために、流体の流動が停止すると微粒子はたちまち流路内部で堆積してしまうという問題点があった。また、エア方式のディスペンサは、応答性が悪いという欠点があった。この欠点は、シリンダに封じ込められた空気の圧縮性と、エアーを狭い隙間に通過させる際のノズル抵抗によるものである。すなわち、エア方式の場合、シリンダの容積とノズル抵抗で決まる流体回路の時定数が大きく、入力パルスを印加後、流体が吐出開始して基板上に転写されるまで、0.07～0.1秒程度の時間遅れを見込まねばならない。

【0024】

図24で前述した圧電材料、超磁歪材料を駆動源とする吐出装置の場合、粉体を含まない流体の塗布を対象とした提案であり、粉流体の塗布プロセスに係る前述した課題に応えることは困難と予想される。また、弾性波による瞬時の過渡的変位を利用して流体を塗布する場合、貯留部503は容積一定の状態に常に流体が隙間なく充填されていなければならない。刻々消費していく流体を補うために、液体の貯留部503にどのように流体を供給するか等についての記載はない。

【0025】

（2）ジェット式ディスペンサの課題

図26で示したディスペンサの場合、塗布スピードの点で従来ディスペンサであるエア式、ねじ溝式等と比べて十分に早く、また、高粘度流体の対応も可能である。また、この方式は、ノズルと対向面の距離を十分に離れた状態で、流体をノズルから飛翔させて間欠塗布することができる。このように流体をノズルから飛翔させる塗布方法は、急峻なパルス状の発生圧力が出せないエア式、ねじ溝式では困難である。

【0026】

この方式は、前述したように、ニードル555の端部に形成された球面形状の凸部と、吐出側に形成された球面形状の凹部を噛み合わせることにより、吐出ノズル562を除いた密閉空間563を創成し、この密閉空間を圧縮することにより、高圧を発生させて流体を飛翔して流出させる方法である。

【0027】

この場合、圧縮工程において、相対移動する部材間（凸部と凹部）の吸入部564における隙間はゼロとなり、3～9 μm の平均粒径の蛍光体微粒子は機械的に圧搾作用を受け破壊される。その結果発生する様々な不具合、すなわち、流通路の目詰まり、部材の磨耗による吸入部564のシール性能の低下等により、蛍光体などの粉流体塗布への適用は困難な場合が多い。

【0028】

上記方式のもうひとつの課題は、長時間連続使用を前提とした場合、1ドット当たりの塗布絶対量精度の確保である。前述したPDPの「独立セル」内に蛍光体を間欠塗布する場合を想定すると、量産時の生産タクトを考慮したとき、ヘッドの個数は数十本必要となる。上記ディスペンサでは、1ドット当たりの塗布量は密閉空間の容積、すなわち、ニードル555のストロークと、吸入部564のシール性能で決定される。しかし、数十本あ

るディスペンサの各ニードル555のストロークと絶対位置、及び磨耗を伴う吸入部564のシール性能を、ばらつきなく長時間にわたり一定状態に保つのは、実用上極めて困難であると予想される。

【0029】

(3) インクジェット方式の課題

図28で示したインクジェット方式の場合、駆動方法と構造上の制約から流体の粘度は $10 \sim 50 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ が限界であり、高粘度流体には対応できない。また、流体中に含有する粉体の粒径は、目詰まりの点から $0.1 \mu\text{m}$ 程度が限界である。

【0030】

インクジェット方式を用いて微細パターンを描くために、平均粒径が 5 nm 程度の粒子を分散剤に覆われて独立分散させた低粘度ナノペーストが開発されている。このナノペーストを用いて、前述したPDPの「独立セル」のバリアリブ（隔壁）内壁に蛍光体層を形成する場合を想定する。しかし、各セル内に蛍光体用塗工液を充填後、乾燥させるプロセスにおいて、前述したように元来 $10 \sim 40 \mu\text{m}$ 程度の蛍光体層を厚盛りするために、蛍光体を含有する塗工材料は溶剤の量を少なくした粘度の高いペースト状流動体を用いている。蛍光体含有量を希薄にしかできない低粘度ナノペーストでは、蛍光体の絶対量が不足するため所定の厚みの蛍光体層を形成できない。また、ディスプレイが高輝度を得るためには、通常数ミクロンオーダー粒径の蛍光体微粒子が最適とされるが、現段階では容易に蛍光体粒径を変えられないという点もインクジェット方式の大きな課題である。

【0031】

以上の考察を要約すれば、スクリーン印刷方式、フォトリソグラフィ方式に代わり得る可能性を有する工法、例えば、PDPの独立セル蛍光体層形成を実現するダイレクト・パターンニング工法は、現段階では見出せない。

【0032】

以下、本発明者の間欠塗布ディスペンサに係る過去の提案について少し説明する。微少流量塗布に係る近年の様々な要求に応えるために、本発明者は、特願2000-188899号において、ピストンとシリンダの間に相対的な直線運動と回転運動を与えると共に、回転運動により流体の輸送装置を与え、直線運動を用いて固定側と回転側の相対的なギャップを変化させ、吐出量を制御する塗布方法を提案し、「流体供給装置及び流体供給方法」として出願中である。

【0033】

上記提案は、ピストンの吐出側端面とその対向面の相対移動面にスラスト動圧シールを形成し、対向面間の隙間を狭くしたときの動圧シール効果により、流体を遮断制御するものである。

【0034】

特願2000-208072号では、二つの独立した直線運動装置を用いて、ピストンとこのピストンを収納するシリンダをそれぞれ独立して駆動させて容積式ポンプを構成したディスペンサを提案している。

【0035】

また、特願2000-188899号で開示されたディスペンサ構造を対象として理論解析を行ない、ピストン端面とその相対移動面間の隙間を急峻に変化させることにより発生するスクイーズ圧力を利用した間欠吐出方法及び装置を提案中（特願2001-110945号）である。このスクイーズ圧力は流体軸受の動圧効果として知られているものであるが、このスクイーズ圧力を利用するためには、ピストン端面とその対向面間の隙間を狭く、例えば、 $20 \sim 30 \mu\text{m}$ 以下に設定する必要がある。

【0036】

本発明は上述した提案では開示されなかった、新たな発見に基づく塗布原理を提案するものである。すなわち、塗布流体を粘性流体と仮定して厳密な理論解析を進めた結果、流体供給源のポンプ特性とピストン位置を急峻に変化させることによる流量変動との相互作用により、ピストン端面とその対向面間の隙間が十分に広い場合でも、スクイーズ効果と

同等以上の高い発生圧力（すなわち、第2次スクイーズ圧力）が得られることを見出したものである。

【0037】

従って、本発明ではこの第2次スクイーズ圧力を用いた流体吐出方法及び流体吐出装置を提案する。この吐出原理を用いれば、ピストン端面とその対向面間の隙間の管理が簡素でよく、構造がシンプルであり、かつ1ドット当りの総吐出量を流体供給源ポンプのたとえば回転数で設定できる。そのため、実用上の取り扱いが容易で、1ドット当たりの流量精度が高く、かつ粉流体に対して高い信頼性を有する超高速・超微量の間欠流体吐出が実現できる流体吐出方法及び流体吐出装置を提供することが本発明の目的である。

【課題を解決するための手段】

10

【0038】

上記目的を達成するために、本発明は以下のように構成する。

【0039】

本発明の第1態様によれば、2つの部材の2つの対向面間に形成された隙間の隙間方向に上記2つの部材を相対移動させながら、この隙間に流体補給装置から流体を供給させて、上記隙間を変化させることによる圧力変化を利用して上記流体を間欠吐出すると共に、1ドット当たりの上記流体の吐出量を上記流体補給装置の圧力及び流量特性により調節することを特徴とする流体吐出方法を提供する。

【0040】

本発明の第2態様によれば、上記流体補給装置の圧力・流量特性は、上記流体補給装置の回転数を変えて設定することを特徴とする第1の態様に記載の流体吐出方法を提供する。

20

【0041】

本発明の第3態様によれば、上記隙間の最小値或いは平均値を h_0 として、1ドット当たりの上記流体の間欠吐出量が上記隙間 h_0 に対して概略比例関係にある上記隙間 h_0 の設定範囲を $0 < h_0 < h_x$ とし、間欠吐出量が上記隙間 h_0 に対して概略一定となる上記隙間 h_0 の設定範囲を $h_0 > h_x$ とし、かつ、 h_x は、 $0 < h_0 < h_x$ の領域における h_0 に対する上記1ドット当たりの間欠吐出量の包絡線と、 $h_0 > h_x$ の領域で上記1ドット当たりの間欠吐出量が h_0 に依存しないで概略一定となる部分の値の交点とするとき、上記隙間を $h_0 > h_x$ の範囲に設定して間欠吐出することを特徴とする第1の態様に記載の流体吐出方法を提供する。

30

【0042】

本発明の第4態様によれば、上記2つの部材の2つの対向面間に形成された上記隙間の大きさに逆比例し、かつ上記隙間の時間微分に比例して発生する流体圧力を第1次スクイーズ圧力とし、上記隙間の時間微分に比例し、かつ上記流体補給装置の内部抵抗に比例して発生する流体圧力を第2次スクイーズ圧力とし、上記隙間の最小値或いは平均値を h_0 として、1ドット当たりの流体の間欠吐出量が上記隙間 h_0 に対して概略比例関係にある上記隙間 h_0 の設定範囲を $0 < h_0 < h_x$ とし、上記間欠吐出量が上記隙間 h_0 に対して概略一定となる上記隙間 h_0 の設定範囲を $h_0 > h_x$ とし、かつ、 h_x は、 $0 < h_0 < h_x$ の領域における h_0 に対する上記1ドット当たりの間欠吐出量の包絡線と、 $h_0 > h_x$ の領域で上記1ドット当たりの間欠吐出量が h_0 に依存しないで概略一定となる部分の値の交点とするとき、上記隙間を $h_0 > h_x$ の範囲に設定して上記第2次スクイーズ圧力の作用により間欠吐出することを特徴とする第1の態様に記載の流体吐出方法を提供する。

40

【0043】

本発明の第5態様によれば、上記2つの部材の2つの対向面間の上記隙間の大きさに逆比例し、かつ上記隙間の時間微分に比例して発生する流体圧力を第1次スクイーズ圧力とし、上記隙間の時間微分に比例し、かつ上記流体補給装置の内部抵抗に比例して発生する流体圧力を第2次スクイーズ圧力とし、上記隙間の最小値或いは平均値を h_0 として、1ドット当たりの間欠吐出量が上記隙間 h_0 に対して概略比例関係にある上記隙間 h_0 の設定範囲を $0 < h_0 < h_x$ 、間欠吐出量が上記隙間 h_0 に対して概略一定となる上記隙間 h_0

50

。の設定範囲を $h_0 > h_x$ とし、かつ、 h_x は、 $0 < h_0 < h_x$ の領域における h_0 に対する上記 1 ドット当たりの間欠吐出量の包絡線と、 $h_0 > h_x$ の領域で上記 1 ドット当たりの間欠吐出量が h_0 に依存しないで概略一定となる部分の値の交点とすると、上記隙間 h_0 を $h_0 \doteq h_x$ 或いは、 $0 < h_0 < h_x$ の範囲に設定して吐出量を調節することを特徴とする第 1 の態様に記載の流体吐出方法を提供する。

【0044】

本発明の第 6 態様によれば、 h_x は、 $0 < h_0 < h_x$ の領域における h_0 に対する 1 ドット当たりの間欠吐出量の曲線の包絡線と、 $h_0 > h_x$ の領域で上記曲線が h_0 に対して概略一定となる部分の値の交点であることを特徴とする第 3 の態様に記載の流体吐出方法を提供する。

10

【0045】

本発明の第 7 態様によれば、上記流体補給装置の流体内部抵抗を R_s (kgsec/mm²)、2 つの部材間の対向面の隙間 h_0 に依存して決まる上記 2 つの部材間の対向面の半径方向の流体抵抗を R_p (kgsec/mm²)、上記吐出口の流体抵抗を R_n (kgsec/mm²) とするとき

【0046】

【数 1】

$$\phi = \frac{1}{R_n + R_p + R_s}$$

20

として、関数 ϕ を定義するとき、 h_x は、 $0 < h < h_x$ の領域における h に対する曲線 ϕ の包絡線と、 $h_0 > h_x$ の領域で曲線 ϕ が h_0 に依存しないで概略一定となる部分の値の交点であることを特徴とする第 3 の態様に記載の流体吐出方法を提供する。

【0047】

本発明の第 8 態様によれば、上記隙間の時間微分の最大値を V_{max} 、上記 2 つの部材間の対向面の外周部の平均半径を r_0 (mm)、上記吐出口開口部の平均半径を r_i (mm)、流体補給装置の最大流量を Q_{max} とするとき、

【0048】

【数 2】

$$Q_{max} < \pi(r_0^2 - r_i^2)v_{max}$$

30

であることを特徴とする第 1 の態様に記載の流体吐出方法を提供する。

【0049】

本発明の第 9 態様によれば、独立した軸方向駆動装置によって隙間方向に相対移動する上記 2 つの部材が複数セット配置されており、1 セットの流体補給装置がこれらの 2 つの部材間に流体を分枝して供給することを特徴とする第 1 の態様に記載の流体吐出方法を提供する。

【0050】

本発明の第 10 態様によれば、上記各 2 つの部材の対向面間の隙間をそれぞれ $h_0 \doteq h_x$ 近傍或いは、 $0 < h_0 < h_x$ の範囲に設定して各吐出量を調節することを特徴とする第 9 の態様に記載の流体吐出方法を提供する。

40

【0051】

本発明の第 11 態様によれば、基板の塗布対象面が幾何学的対称であることを利用して、吐出ノズルと基板を相対的に走行させながら、1 ドット当りの同一吐出量を同一時間間隔を経て周期的に塗布するように間欠吐出することを特徴とする第 1 の態様に記載の流体吐出方法を提供する。

【0052】

本発明の第 12 態様によれば、上記塗布対象面はディスプレイパネルであることを特徴とする第 1 の態様に記載の流体吐出方法を提供する。

【0053】

50

本発明の第13態様によれば、流体補給装置により隙間方向に相対移動する2つの部材の対向面に流体を供給し、上記対向する2つの対向面間の隙間を h (mm)、この h の時間微分を dh/dt 、上記2つの部材間の対向面の外周部の平均半径を r_0 (mm)、上記隙間と外部とを連通する吐出口開口部の平均半径を r_i (mm)、流体の粘性係数を μ (kgsec/mm²)、上記流体補給装置の流体内部抵抗を R_s (kgsec/mm²)、上記2つの部材間の対向面の半径方向の流体抵抗を R_p (kgsec/mm²)、上記吐出口の流体抵抗を R_n (kgsec/mm²)、上記流体補給装置の最大圧力と補給圧力の和を P_{s0} 、間欠吐出の周波数を f (1/sec)として、第1次スクイーズ圧力 P_{squ1} 、第2次スクイーズ圧力 P_{squ2} を

【0054】

【数3】

$$P_{squ1} = -\frac{3\mu}{h^3} \frac{dh}{dt} \left\{ (r_0^2 - r_i^2) + 2r_i^2 \ln \frac{r_i}{r_0} \right\}$$

$$P_{squ2} = -R_s \pi \frac{dh}{dt} (r_0^2 - r_i^2)$$

として定義し、上記隙間 h の時間微分 dh/dt が最大値をもつときの第1次スクイーズ圧力 $P_{squ1} = P_{squ10}$ 、第2次スクイーズ圧力 $P_{squ2} = P_{squ20}$ とするとき、 $P_{s0} + P_{squ10} + P_{squ20} < 0$ とすることを特徴とする第1の態様に記載の流体吐出方法を提供する。

【0055】

本発明の第14態様によれば、塗布対象面と、上記隙間に連通する吐出ノズルとを相対的に移動させながら上記吐出として塗布する塗布プロセスにおいて、2つの対向面間の隙間を与える変位入力信号 S_h に対して、位相が概略 $\Delta\theta = \pi/2$ 進んで塗布されることを考慮して、塗布対象面と吐出ノズルの相対位置と上記変位入力信号 S_h のタイミングを合わせたことを特徴とする第1の態様に記載の流体吐出方法を提供する。

【0056】

本発明の第15態様によれば、電磁歪素子により、上記2つの部材を相対移動させることを特徴とする第1の態様に記載の流体吐出方法を提供する。

【0057】

本発明の第16態様によれば、隙間方向に相対移動する2つの部材の塗布停止直前の振幅は、定常間欠塗布時の振幅よりも大であることを特徴とする第1の態様に記載の流体吐出方法を提供する。

【0058】

本発明の第17態様によれば、バリアリブによって周囲を囲まれた独立リブが幾何学的対称に形成された基板に対して、隙間を通して流体を吐出するディスペンサを相対的に移動させながら、蛍光体ペーストを間欠吐出させることにより、上記独立セル内部に順次上記蛍光体ペーストを塗布して蛍光体層を形成するプラズマディスプレイパネルの蛍光体層形成方法であることを特徴とする第1の態様に記載の流体吐出方法を提供する。

【0059】

本発明の第18態様によれば、上記バリアリブの頂点と吐出ノズル先端の距離 H を0.5mm以上離れた状態で、上記吐出ノズルから上記蛍光体ペーストを飛翔させて塗布することを特徴とする第17の態様に記載の流体吐出方法を提供する。

【0060】

本発明の第19態様によれば、上記 H は1.0mm以上であることを特徴とする第18の態様に記載の流体吐出方法を提供する。

【0061】

本発明の第20態様によれば、独立した軸方向駆動装置によって隙間方向に相対移動す

10

20

30

40

50

る2つの部材の2つの対向面が複数セット配置されており、1セットの流体補給装置がこれらの2つの部材の2つの対向面間に流体を分枝して供給すると共に、上記流体補給装置と上記相対移動する2つの部材の2つの対向面を繋ぐ流路の途中に流体通路抵抗を可変できる流量補正装置を設けることにより各吐出量を調節することを特徴とする第1の態様に記載の流体吐出方法を提供する。

【0062】

本発明の第21態様によれば、相対移動する2つの部材の2つの対向面の隙間を振幅 h_1 で変動させながら間欠塗布する塗布工法において、上記振幅 h_1 よりも大きな振幅 h_2 で2つの部材の対向面の隙間を増大させて吐出を遮断後、遮断後の隙間の中心値が、遮断直前の隙間の中心値に徐々に等しくなるように、上記振幅 h_1 で複数回間欠塗布すること
10

【0063】

本発明の第22態様によれば、塗布開始から $n-1$ 回目の塗布終了時の時間を T_{n-1} 、 n 回目の塗布開始時の時間を T_n 、時間間隔 $\Delta T = T_n - T_{n-1}$ とすると、上記 ΔT の値を設定することにより n 回目の1ドット当たりの塗布量を調節することを特徴とする第1の態様に記載の流体吐出方法を提供する。

【0064】

本発明の第23態様によれば、隙間方向に相対移動する2つの部材と、
この2つの部材で形成される吐出室と、
上記吐出室に流体を供給する流体補給装置と、
上記流体補給装置の上流側に設けられた吸入口と、
上記吐出室と外部を連絡する吐出口で構成される流体吐出装置であって、
上記2つの部材で形成される隙間の変動による圧力変化を利用して吐出口から流体を間欠吐出すると共に、1ドット当たりの吐出量を上記流体補給装置の圧力及び流量特性の設定により調節することを特徴とする流体吐出装置を提供する。
20

【0065】

本発明の第24態様によれば、2つの部材の2つの対向面の隙間の大きさに逆比例し、かつ上記隙間の時間微分に比例して発生する流体圧力を第1次スクイーズ圧力、上記隙間の時間微分に比例し、かつ流体補給装置の内部抵抗に比例して発生する流体圧力を第2次スクイーズ圧力とすると、上記隙間の最小値或いは平均値を h_0 として、1ドット当たりの間欠吐出量が上記隙間 h_0 に対して概略比例関係にある上記隙間 h_0 の設定範囲を
30
 $0 < h_0 < h_x$ 、間欠吐出量が上記隙間 h_0 に対して概略一定となる上記隙間 h_0 の設定範囲を $h_0 > h_x$ とし、かつ、 h_x は、 $0 < h_0 < h_x$ の領域における h_0 に対する上記1ドット当たりの間欠吐出量の包絡線と、 $h_0 > h_x$ の領域で上記1ドット当たりの間欠吐出量が h_0 に依存しないで概略一定となる部分の値の交点とすると、上記隙間を $h_0 > h_x$ の範囲に設定して上記第2次スクイーズ圧力の作用により間欠吐出することを特徴とする第23の態様に記載の流体吐出装置を提供する。

【0066】

本発明の第25態様によれば、2つの部材間の対向面間の隙間の大きさに逆比例し、かつ上記隙間の時間微分に比例して発生する流体圧力を第1次スクイーズ圧力とし、上記隙間の時間微分に比例し、かつ流体補給装置の内部抵抗に比例して発生する流体圧力を第2次スクイーズ圧力とすると、上記隙間の最小値或いは平均値 h_0 の設定範囲を
40
 $0 < h_0 < h_x$ とし、上記隙間 h_0 に対して概略一定となる上記隙間 h_0 の設定範囲を $h_0 > h_x$ とし、かつ、 h_x は、 $0 < h_0 < h_x$ の領域における h_0 に対する上記1ドット当たりの間欠吐出量の包絡線と、 $h_0 > h_x$ の領域で上記1ドット当たりの間欠吐出量が h_0 に依存しないで概略一定となる部分の値の交点とするときには、上記隙間を $h_0 \approx h_x$ 或いは、 $0 < h_0 < h_x$ の範囲に設定して吐出量を調節することを特徴とする第23の態様に記載の流体吐出装置を提供する。

【0067】

本発明の第26態様によれば、独立した軸方向駆動装置によって隙間方向に相対移動す
50

る上記2つの部材が複数セット配置されており、1セットの流体補給装置がこれらの2つの部材の対向面間に流体を分枝して供給することを特徴とする第23の態様に記載の流体吐出装置を提供する。

【0068】

本発明の第27態様によれば、独立した軸方向駆動装置によって隙間方向に相対移動する上記2つの部材が複数セット配置されており、1セットの流体補給装置がこれらの2つの部材に流体を分枝して供給すると共に、上記各2つの部材の対向面間の隙間の最小値あるいは平均値をそれぞれ $h_0 \leq h_x$ 、近傍あるいは、 $0 < h_0 < h_x$ の範囲に設定して各吐出量を調節することを特徴とする第25の態様に記載の流体吐出装置を提供する。

【0069】

本発明の第28態様によれば、上記流体補給装置は、回転数によって流量が可変できるポンプであることを特徴とする第23の態様に記載の流体吐出装置を提供する。

【0070】

本発明の第29態様によれば、上記流体補給装置は、ねじ溝ポンプから構成されることを特徴とする第28の態様に記載の流体吐出装置を提供する。

【0071】

本発明の第30態様によれば、上記2つの部材の対向面間の上記隙間の最小値あるいは平均値を h_0 とするとき、 $h_0 > 0.05 \text{ mm}$ であることを特徴とする第23の態様に記載の流体吐出装置を提供する。

【0072】

本発明の第31態様によれば、軸を収納するスリーブと、
上記軸及び上記スリーブを収納するハウジングと、
上記スリーブを上記ハウジングに対して相対的に回転させる装置と、
上記軸を上記ハウジングに対して軸方向相対変位を与える軸方向駆動装置と、
上記軸の吐出側端面と上記ハウジングで形成される吐出室と、
上記スリーブと上記ハウジングの相対的な回転を利用して上記吐出室に流体を供給する流体補給装置と、

この吐出室と外部を連絡する流体の吸入口及び吐出口と、
上記吐出室内に流入された上記流体を上記軸方向駆動装置によって上記吐出口側へ圧送する装置とより構成される流体吐出装置において、

上記吐出室の上記隙間の変動による圧力変化を利用して、上記流体補給装置から補給される連続流を間欠流に変換すると共に、1ドット当たりの間欠吐出量を回転数の設定により調節することを特徴とする流体吐出装置を提供する。

【0073】

本発明の第32態様によれば、上記軸と上記スリーブは一体化された構造であることを特徴とする第31の態様に記載の流体吐出装置を提供する。

【0074】

本発明の第33態様によれば、軸とハウジング間に軸方向相対変位を与える軸方向駆動装置と、

上記軸の端面と上記ハウジングで形成される吐出室と、
この吐出室に流体を供給する流体補給装置と、
この吐出室と上記流体補給装置を連絡する流通路と、
この流体補給装置に設けられた吸入口と、
上記吐出室と外部を連絡する吐出口とより構成される流体吐出装置において、
上記吐出室の上記隙間の変動による圧力変化を利用して、上記流体補給装置から補給される連続流を間欠流に変換すると共に、1ドット当たりの間欠吐出量を回転数、あるいは上記流通路から上記吐出口に繋がる区間の上記隙間の設定により調節することを特徴とする流体吐出装置を提供する。

【0075】

本発明の第34態様によれば、1セットの上記流体補給装置から分枝した流通路を経て

複数セットの上記吐出室に流体を供給する構成であることを特徴とする第33の態様に記載の流体吐出装置を提供する。

【0076】

本発明の第35態様によれば、上記流通路は変形容易なフレキシブルパイプであることを特徴とする第33の態様に記載の流体吐出装置を提供する。

【0077】

本発明の第36態様によれば、上記2つの部材を相対移動させる装置は電磁歪素子であることを特徴とする第23の態様に記載の流体吐出装置を提供する。

【0078】

本発明の第37態様によれば、隙間方向に2つの部材を相対移動させながら、この隙間に流体補給装置から流体を供給させて、上記隙間を変化させることによる圧力変化を利用して吐出の遮断と開放を制御すると共に、上記隙間の最小値或いは平均値を h_0 として、定常時の吐出量 Q が上記隙間 h_0 に対して概略比例関係にある上記隙間 h_0 の設定範囲を $0 < h_0 < h_x$ 、吐出量が上記隙間 h_0 に対して概略一定となる上記隙間 h_0 の設定範囲を $h_0 > h_x$ とするとき、上記隙間を $h_0 > h_x$ の範囲に設定して吐出することを特徴とする流体吐出方法を提供する。

【発明の効果】

【0079】

本発明を用いた流体吐出方法及び流体吐出装置により、次の効果が得られる。

【0080】

(1) 数千～数万 $\text{mPa} \cdot \text{s}$ (cps) の高粘度流体に対応できる。

【0081】

(2) 数 μm 以上の粉体径を含有する吐出材料でも、目詰まりが発生しない。

【0082】

(3) 間欠流体吐出が msec オーダーの短い周期、あるいはそれ以下で打てる。

【0083】

(4) 吐出すべき流体を、吐出ノズルから $0.5 \sim 1.0 \text{mm}$ 以上離して遠距離飛翔できる。

【0084】

(5) 1ドット当たりの流体吐出量が高い精度で確保できる。

【0085】

(6) マルチヘッド化が容易で、構造がシンプルである。

本発明を例えばPDP、CRTディスプレイの蛍光体塗布、電極形成、表面実装のディスプレイペンサ、あるいはマイクロレンズ成型等に用いれば、その長所をいかんなく発揮でき、効果は絶大なものがある。

【発明を実施するための最良の形態】

【0086】

本発明の記述を続ける前に、添付図面において同じ部品については同じ参照符号又は同じ名称を付している。

【0087】

以下に、本発明にかかる実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。

【0088】

図1は本発明の第1実施形態を示すモデル図である。1はピストンであり、ハウジング2に対して軸方向に移動可能に収納されている。3はピストン1の外周部を収納するスリーブであり、固定側であるハウジング2に対して軸方向には移動せず、回転方向に移動可能に収納されている。

【0089】

ピストン1は軸方向駆動装置(矢印4)により、また、スリーブ3は回転伝達装置(矢印5)により駆動される。6はスリーブ3とハウジング2の相対移動面に形成されたねじ溝(図1で黒く塗りつぶした部分)、7は流体の吸入口である。本実施形態では、流体補

給装置にねじ溝ポンプを用いている。

【0090】

8はピストン1の端面、9はその固定側対向面、10は固定側対向面9の中央部に形成された吐出ノズル、11は固定側対向面9に形成された吐出ノズル10の開口部である。ピストン端面8と固定側対向面9が隙間方向に相対移動する2つの面となる。

【0091】

12はスリーブ3とハウジング2の間に供給された塗布流体である。13はスリーブ3の下端部とハウジング2の間に形成された吐出室端部（ピストン外周部）であり、この吐出室端部13内には流体補給装置の一例であるねじ溝ポンプにより常時流体が供給される。

10

【0092】

軸方向駆動装置4（具体構造は図示せず）は、ピストン1とハウジング2の間に設けられており、両部材1、2間の軸方向相対位置に変化を与える。この軸方向駆動装置4は、たとえば第1実施形態で後述するように、圧電アクチュエータ（図9の100）等で構成される。この軸方向駆動装置4によって、ピストン端面8とその対向面9間の隙間hを変化させることができる。

【0093】

本実施形態では、前回の提案（特願2001-110945号）と比べて、構成条件が次のように異なっている。

【0094】

(i) ピストン端面の隙間hの最小値を $h = h_{min}$ としたとき、本実施形態では h_{min} は十分に大きく、たとえば、 $h_{min} = 150 \mu m$ である。

20

【0095】

(ii) ねじ溝ポンプは定量ポンプに近い設計がなされており、その内部抵抗 R_s は十分に大きい。

【0096】

隙間hを高い周波数で変化させると、本提案で新たに見出された後述する第2次スクイーズ効果によって、ピストン端面8とその対向面9間の間隙部である吐出室14（ピストン端面部）に変動圧力が発生する。

【0097】

また、ピストン端面8の中央部で、15に位置する部分を吐出ノズル10の上流側、ねじ溝とハウジング2で形成される間隙部をねじ溝室16と呼ぶことにする。吐出室14には、ねじ溝ポンプにより一定量の流体が連続的に供給される。

30

【0098】

本発明の上記適用例は、ポンプから供給される連続流(Analog)を、上記第2次スクイーズ効果を用いて間欠流(Digital)にA/D変換することにより、ピストン端面とその対向面間の隙間hを十分に大きく保ったままで、流体を高速で間欠塗布させることができるという着想に基づくものである。

〔1〕 理論解析

(1) 基礎式の導出

さて、本発明の原理と効果を明らかにするために、スクイーズポンプ（仮称）の基礎式を導出する。

40

【0099】

対向して配置された平面間の狭い隙間に粘性流体が介在し、かつその隙間の間隔が時間と共に変化する場合の流体圧力は、スクイーズ作用(Squeeze action)の項を持つ次の極座標におけるReynolds方程式を解くことにより得られる。

【0100】

【数4】

$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left(r \frac{h^3}{12\mu} \frac{dP}{dr} \right) = \frac{dh}{dt} \quad (1)$$

(1) 式において、 P は圧力、 μ は流体の粘性係数、 h は対向面間の隙間、 r は半径方向位置、 t は時間である。また、右辺が、隙間が変化するときが発生するスクイーズアクション効果をもたらす項である。図2に、スクイーズポンプ部の寸法関係を示す。なお、各記号における添字 i は、図1における吐出ノズルの開口部 1 1 の位置における値、添字 0 は吐出室端部 1 3 (ピストン外周部) における値であることを示す。

10

【0 1 0 1】

【数5】

$$\dot{h} = dh/dt$$

として、(1) 式の両辺を積分する。

【0 1 0 2】

【数6】

$$\frac{dP}{dr} = \frac{12\mu}{h^3} \left(\frac{1}{2} \dot{h} r + \frac{c_1}{r} \right) \quad (2)$$

20

$$P = \frac{12\mu}{h^3} \left(\frac{1}{4} \dot{h} r^2 + c_1 \ln r \right) + c_2 \quad (3)$$

以下、未定定数 c_1 、 c_2 を求める。圧力勾配と流量の関係は

【0 1 0 3】

【数7】

$$\frac{dP}{dr} = Q \cdot \frac{6\mu}{h^3 \pi r} \quad (4)$$

$r = r_i$ (図2参照) における流量 $Q = Q_i$ として、(2) 式と (4) 式から c_1 を求めると

30

【0 1 0 4】

【数8】

$$c_1 = \frac{Q_i}{2\pi} - \frac{\dot{h}}{2} r_i^2 \quad (5)$$

さて、吐出室端部 1 3 と、流体吸入口 7 間の流体抵抗 R_s が無視できない場合、吐出室端部 1 3 (図2における $r = r_o$ の位置) における圧力 $P = P_o$ は

40

【0 1 0 5】

【数9】

$$P_o = P_{s0} - R_s Q_o \quad (6)$$

流体補給装置にねじ溝ポンプを用いた場合、流体抵抗 R_s はねじ溝ポンプの内部抵抗に等しい。また、上式において P_{s0} は供給源圧力であり、ねじ溝ポンプの最大発生圧力 P_{max} と、材料をねじ溝に供給するためのエアーによる補給圧力 P_{sup} の和 ($P_{s0} = P_{sup} + P_{max}$) に相当する。 Q_o は $r = r_o$ における流量であり、(4) 式から、

【0 1 0 6】

【数 1 0】

$$Q_0 = \frac{h^3 \pi r_0}{6\mu} \left(\frac{dP}{dr} \right)_{r=r_0} \\ = \pi \dot{h} r_0^2 + 2\pi c_1 \quad (7)$$

(3) 式、(5) ~ (7) 式から未定定数 c_2 が求まる。

【0 1 0 7】

【数 1 1】

10

$$c_2 = P_{s0} - R_s Q_0 - \frac{6\mu}{h^3} \left\{ \frac{1}{2} \dot{h} r_0^2 + \left(\frac{Q_i}{\pi} - \dot{h} r_i^2 \right) \ln r_0 \right\} \quad (8)$$

ここで、任意の位置 r における圧力 P を次のようにおく。

【0 1 0 8】

【数 1 2】

$$P = A + BQ \quad (9)$$

但し、

【0 1 0 9】

【数 1 3】

20

$$A = P_{s0} - R_s \pi \dot{h} (r_0^2 - r_i^2) - \frac{3\mu \dot{h}}{h^3} \left\{ (r_0^2 - r^2) + 2r_i^2 \ln \frac{r}{r_0} \right\} \\ B = \frac{6\mu}{h^3 \pi} \ln \frac{r}{r_0} - R_s \quad (10)$$

吐出ノズルの開口部： $r = r_i$ (図 1 の 1 1) において、 $P_i = A + BQ_i$ とする。吐出ノズルの流体抵抗を R_n とすれば、吐出ノズルを通過する流量は $Q_n = P_i / R_n$ である。 30

【0 1 1 0】

流れの連続性から $Q_i = Q_n$ であり、吐出ノズル上流側圧力 P_i (図 1 における箇所 1 5 の圧力) が次のように求まる。 A_i 、 B_i は (10) 式における $r = r_i$ のときの A 、 B の値である。以降、吐出ノズル上流側圧力 P_i を吐出圧力 P_i と呼ぶ。

【0 1 1 1】

【数 1 4】

$$P_i = \frac{A_i R_n}{R_n - B_i} \quad (11)$$

$$= \frac{R_n}{R_n + R_p + R_s} \left[P_{s0} - R_s \pi \dot{h} (r_0^2 - r_i^2) - \frac{3\mu \dot{h}}{h^3} \left\{ (r_0^2 - r_i^2) + 2r_i^2 \ln \frac{r_i}{r_0} \right\} \right]$$

40

ここで、第 1 次スクイーズ圧力 P_{sq1} 、第 2 次スクイーズ圧力 P_{sq2} を次のように定義する。

【0 1 1 2】

【数 15】

$$P_{squ1} = -\frac{3\mu\dot{h}}{h^3} \left\{ (r_0^2 - r_i^2) + 2r_i^2 \ln \frac{r_i}{r_0} \right\}$$

$$P_{squ2} = -R_s \pi \dot{h} (r_0^2 - r_i^2) \quad (12)$$

【0113】

第1次スクイズ圧力 P_{squ1} は、ピストン端面8とその相対移動面9間の隙間を急峻に変化させることにより、ピストン端面8とその対向面9間に発生する公知のスクイズ効果によるもので、隙間 h が狭い程、大きな圧力が発生する。

【0114】

第2次スクイズ圧力 P_{squ2} を発生させる方法、及びこの作用をたとえば、超高速間欠塗布に適用する方法は本発明が見出したもので、その原理は次のようである。ピストン端面とその相対移動面間の隙間を急峻に変化させることにより、ピストンの端面と流体供給源の間に流量変動が発生する。この流量変動は上記隙間を変化させた場合の吐出室14（ピストン端面部）の容積変化に相当する。たとえば、容積が減少した場合、吐出ノズルの流体抵抗が大きければ、吐出側で逃げ場が無い流体はねじ溝ポンプ側に逆流する。その結果、ねじ溝ポンプの内部抵抗 R_s に比例した圧力 P_{squ2} が発生する。

(11) 式、(12) 式から、吐出ノズル上流側の圧力 P_i を整理すると

【0115】

【数 16】

$$P_i = \frac{R_n}{R_n + R_p + R_s} (P_{s0} + P_{squ1} + P_{squ2}) \quad (13)$$

吐出ノズルを通過する流量 Q_i は

【0116】

【数 17】

$$Q_i = \frac{1}{R_n + R_p + R_s} (P_{s0} + P_{squ1} + P_{squ2}) \quad (14)$$

吐出ノズルのノズル半径を r_n 、ノズル長さを l_n とおくと、吐出ノズル抵抗は

【0117】

【数 18】

$$R_n = \frac{8\mu l_n}{\pi r_n^4} \quad (15)$$

また、 R_p は吐出ノズルの開口部（図1の11）とピストン外周部（図1の吐出室端部13）の間の流体抵抗である。

【0118】

【数 19】

$$R_p = \frac{6\mu}{h^3 \pi} \ln \frac{r_0}{r_i} \quad (16)$$

R_s は、前述したように、ピストン外周部（図1の吐出室端部13）と供給源側（吸入口7）の流路間の流体抵抗（ねじ溝ポンプの場合は内部抵抗）である。

【0119】

(2) 等価回路モデル

以上の解析結果を基に、圧力発生源と負荷抵抗の関係を等価電気回路モデルで表すと図

10

20

30

40

50

3 になる。

【0120】

(3) ピストン端面とその対向面間の最小隙間 h_{min} が十分に大きな場合

表1の条件と図4のピストン入力波形を与えて、吐出ノズルの開口部の圧力 P_i を、(11)式を用いて求めた結果を図5に示す。 $0 \leq t \leq 2.0 \text{ msec}$ の区間が間欠吐出装置としての1周期に相当する。

【0121】

なお、ピストン入力波形は、ピストン端面とその対向面間の最小隙間が一定 ($h_{min} = 150 \mu\text{m}$) のままで、ストロークを3ケース ($h_{st} = 10, 20, 30 \mu\text{m}$) 変えて評価した。

10

【0122】

図5において、いずれのストロークの場合も、圧力は $P_{i0} = 3.5 \text{ MPa}$ を中心に変動する波形となる。

【0123】

図6に吐出ノズルを通過する流量 Q_i の解析結果を示す。吐出ノズル抵抗を R_n としたとき、流量: $Q_i = P_i / R_n$ である。流量: Q_i は圧力波形と同様に、ストロークによって振幅は異なるが、 $Q_{ic} = 49 \text{ mm}^3 / \text{sec}$ を中心に変動する波形となる。

【0124】

すなわち、平均流量はピストンのストロークの大きさに依存せず、ねじ溝ポンプ特性と吐出ノズル抵抗で決まる動作点(図8のA)で決まることが分かる。

20

この理由は次のようである。(11)式において、 $h \rightarrow \infty$ とすると、第1次スクイーズ圧力 $P_{sq1} \rightarrow 0$ 、 $R_p \rightarrow 0$ となるため次式が得られる。但し、 $P_{i0} \doteq P_{max}$ 、 $R_s = P_{max} / Q_{max}$ とする。

【0125】

【数20】

$$P_i = \frac{R_n R_s}{R_n + R_s} [Q_{max} - \pi(r_o^2 - r_i^2) \frac{dh}{dt}] \quad (17)$$

(17)式の第2項は、ピストン端面8とその対向面9で形成されるピストン端面部14の幾何学的な容積変化分に相当する。変位 h の時間微分 dh/dt は正と負を交互に持つ

30

周期関数であり、1周期における時間積分値は0である。すなわち、第2次スクイーズ圧力 P_{sq2} は、ねじ溝の連続流量 (Analog) を間欠流量 (Digital) に変える A/D コンバータとしての役割を担うのである。

【0126】

【表1】

| パラメータ | | 記号 | 仕様 |
|--------------|------|-----------|----------------------------|
| 粘度 | | μ | 3000 mPas (cps) |
| ねじ溝 ポンプ性能 | 最大流量 | Q_{max} | 77.35 mm ³ /sec |
| | 最大圧力 | P_{max} | 10 MPa |
| ピストン外径 | | D_o | 3 mm |
| ピストン端面最小隙間 | | h_{min} | 150 μm |
| ピストン・ストローク | | h_{st} | 図4～6 |
| 周期 | | T | 2 msec |
| 吐出ノズル径 | | r_n | 0.15 mm |
| 吐出ノズル長さ | | l_n | 0.3 mm |

40

【0127】

50

図8において、(I)は回転数 $N = 460 \text{ rpm}$ のときのねじ溝ポンプの圧力と流量の関係(圧力・流量特性と呼ぶ)を示し、最大圧力: $P_{\max} = 10 \text{ MPa}$ (at $Q = 0$)、最大流量 $Q_{\max} = 77.35 \text{ mm}^3 / \text{sec}$ (at $P = 0$)である。(III)は吐出ノズルの流体抵抗であり、(I)と(III)の交点がねじ溝ポンプ動作点A ($P_{ic} = 3.5 \text{ MPa}$ 、 $Q_{ic} = 49 \text{ mm}^3 / \text{sec}$)となる。

【0128】

上記ポンプの特性が得られるねじ溝の仕様の一例を、表2に示す。

【0129】

図8のグラフにおけるX軸の圧力とは、吐出室端部13の圧力 P_2 と吸入口7近傍圧力 P_1 の差圧($= P_2 - P_1$)として定義する。ねじ溝ポンプが最も大きな流量を輸送できるのは、差圧が最小のとき、すなわち、ピストン1が上昇し、ねじ溝6の下端部(吐出室端部13)の圧力が $P_2 = -0.1 \text{ MPa}$ (絶対真空)のときである。したがって、図8のグラフにおいて、ポンプの最大輸送量は $P = -0.1 \text{ MPa}$ のときの流量: $Q = 80 \text{ mm}^3 / \text{sec}$ であるが、大きな誤差はないため、便宜上 $P = 0 \text{ MPa}$ (大気圧)のときの $Q_{\max} = 77.35 \text{ mm}^3 / \text{sec}$ を最大流量とする。

【0130】

(4) 切れ味の改善

さて、吐出ヘッドと基板を相対的に移動させながら、基板上に流体塊を連打する場合、吐出圧力の波形は塗布開始の直前に負圧となり、その直後急峻なピークを持つ正圧が発生し、再び負圧となるのが好ましい。吐出後の負圧の発生により、吐出ノズル先端の流体は再びノズル内部へ吸引され、基板上の流体、あるいは飛翔中の流体と分離する。すなわち、「負圧→急峻な正圧→負圧」のサイクルにより、極めて切れ味のよい間欠塗布が実現できる。

【0131】

図5のいずれの圧力波形も $P_i > 0$ であり、切れ味のよい間欠塗布ができる条件を満足していない。変位 h の時間微分(ピストン速度) dh/dt の最大値を V_{\max} としたとき、圧力波形が負圧 $P_i < 0$ になる区間を有する条件は(17)式から、

【0132】

【数21】

$$Q_{\max} < \pi(r_0^2 - r_i^2)v_{\max} \quad (18)$$

(18)式を満足させる Q_{\max} を得るには、流体補給装置にたとえばねじ溝ポンプを用いる場合には回転数を変えればよい。 Q_{\max} を小さくする程、スクイーズポンプ部の容積増加に供給量が追従できず、負圧が発生する時間は長くなる。

【0133】

ストロークが $h_{st} = 30 \mu\text{m}$ 、表1の条件下で、ねじ溝の回転数を $N = 460 \rightarrow 300 \text{ rpm}$ に変えて、最大流量を $Q_{\max} = 77.35 \rightarrow 50 \text{ mm}^3 / \text{sec}$ に低下させた場合の吐出圧力の波形を、 $N = 460 \text{ rpm}$ の場合と対比のもとで、図7に示す。回転数 $N = 300 \text{ rpm}$ のときのねじ溝ポンプの圧力・流量特性を図8に示す。このときポンプの動作点はA→Bに移行する。図7において、 $N = 300 \text{ rpm}$ ($Q_{\max} = 50 \text{ mm}^3 / \text{sec}$)の場合は、18式を満足しており、吐出圧力の波形は吐出開始の直前に負圧となり、急峻な正圧発生後再び負圧となっている。負圧が発生する理由は、前述したように、ピーク圧が発生する前後で、ピストン端面部の容積変化の大きさがねじ溝ポンプのが供給できる最大流量 Q_{\max} を越えるからである。

【0134】

吐出圧力の最小値は $P_i = -1.4 \text{ MPa}$ であるが、これは解析のモデルが非圧縮性を仮定しているからで、大気圧を $P_i = 0.0 \text{ MPa}$ (ゲージ圧)としたとき、 -0.1 MPa 以下の圧力は現実には存在しない。

【0135】

負圧発生レベルの設定は、適用するプロセスの条件、塗布材料の特性、たとえば曳糸

性 (spinnability ... ノズルから流出した塗布線の切れにくさ) 等から調節すればよい。

【0136】

【表2】

| パラメータ | 記号 | 仕様 |
|--------|------------|-----------------------|
| 粘度 | μ | 3000 mPa s (c p s) |
| 回転数 | N | 460 rpm |
| 溝深さ | h g | 0.15 mm |
| 隙間 | ΔR | 0.02 mm |
| リッジ幅 | b r | 0.5 mm |
| グループ幅 | b g | 1.0 mm |
| ポンプ長さ | B | 36 mm |
| グループ角度 | α | 20 deg |
| 軸径 | D n | 8.0 mm |

10

【0137】

以上説明した本発明の実施形態の適用例は、ピストン端面とその対向面間の隙間を充分に大きく設定することにより、第1次スクイズ圧力の発生を極力抑さえ、第2次スクイーズ圧力を利用して、流体供給源から供給される連続流を間欠流にA/D変換して間欠塗布するものであった。この場合、1ドット当たりの塗布量はピストンのストロークに依存せず、流体供給装置の一例であるポンプの圧力流量特性と吐出ノズル流体抵抗のみで決定される。

20

したがって、

(i) 1ドット当たりの吐出量が一定

(ii) 周期が一定

上記 (i) と (ii) が同時に要求される塗布プロセスに対して、本塗布方法及び装置は極めて有力な手段 (方法及び装置) を提供する。

30

【0138】

たとえば、カラー表示を行なうプラズマディスプレイパネル (PDP) の背面板の独立セル (ボックス型リブ) 内に、R、G、Bの蛍光体を間欠塗布する場合などに有効である。PDPの場合、図15の実施形態で後述するように、基盤の目状に独立セルが精度よく、幾何学的に対称にパネル上に配置されている。この場合、一定量の材料を、同一の時間間隔において独立セル内に高速で打ち込むことのできる本ディスペンサは比類のない能力を発揮できる。

すなわち、本発明の上記実施形態の適用例は、塗布対象の「幾何学的な対称性」に着目し、この対称性を「時間の周期性」に置き換えて塗布することにより、0.002秒以下の超高速間欠塗布を実現したものである。

40

【0139】

ちなみに回路形成などで、たとえば回路基板に半田、接着材などを塗布する場合は、塗布の時間間隔は通常ランダムである。ちなみに従来のエア式ディスペンサの場合、塗布のサイクルはせいぜい0.05～0.1秒のオーダーである。

【0140】

[2] 具体的な実施形態

図9は、本発明を適用したディスペンサ構造の具体的な第1実施例を示し、中空の外周軸に貫通した中心軸 (ピストン) に軸方向駆動装置を与えた場合の構成を示す。100は軸方向駆動装置の一例である第1のアクチュエータであり、超磁歪素子、圧電素子、電磁ソレノイド等を用いる。第1実施例では、応答性に優れ、高いレスポンスと大きな発生荷重の得られる積層型の圧電アクチュエータを用いた。

50

【0141】

101は第1のアクチュエータである圧電アクチュエータ100によって軸方向に駆動されるピストンである。このピストン101の駆動により、ピストン101の吐出側端面（吐出室）に前述したスクイズ圧力が発生する。上記第1のアクチュエータ100は、上部シリンダ102の内部に配置されている。103は第2のアクチュエータとしてのモータであり、ピストン101を収納するスリーブ104と中間シリンダ105の間に相対的な回転運動を与えるものである。106はモータ103のロータ、107はステータである。

【0142】

108はスリーブ104の外表面に形成されかつ流体を吐出側に圧送する流体補給装置の一例であるねじ溝である。このスリーブ104と下部シリンダ109の間で、スリーブ104と下部シリンダ109の相対的な回転によってポンピング作用を得るためのねじ溝ポンプ室110を形成している。 10

【0143】

また、下部シリンダ109には、ねじ溝ポンプ室110と連絡する吸入孔111が形成されている。112は下部シリンダ109の下端部に装着された吐出ノズルであり、中心部に吐出孔113が形成されている。114は上記スリーブ104の吐出側スラスト端面である。115、116はスリーブ104を支持する玉軸受である。

【0144】

また、117はピストン101の上部に設けられたフランジ部、118は圧電アクチュエータ100に設けられた円盤部、119はピストン101の軸方向位置を検知するための変位センサー、120はフランジ部117を軸方向に弾性変形させるために形成されたヒンジ部である。圧電アクチュエータ100には、ヒンジ部120の弾性変形によって、適度な予圧が加わるように、各部材の寸法が決められている。 20

【0145】

本第1実施例ではピストン101（中心軸）をスリーブ内部に貫通する構成にして、ピストン101とスリーブ104は個別のアクチュエータで駆動した。すなわち、ピストン101は軸方向のみに駆動され、スリーブ104は回転方向のみに駆動する構造であった。

【0146】

本発明者が、既に特願2000-188899号で提案しているように、超磁歪素子（あるいはムービングマグネット）を用いて、軸に直線運動を与えると共に、モータにより軸に回転運動を与える構造（2自由度アクチュエータ構造）にすれば、中心軸とスリーブを一体化したひとつの軸とすることができる。 30

【0147】

図10は本発明の第2実施例を示し、流体補給装置の一例であるねじ溝ポンプと、ピストンを分離して構成した場合を示す。51は主軸であり、ハウジング52に対して回転方向に移動可能に収納されている。主軸51はモータのような回転伝達装置（矢印53）により回転駆動される。54は主軸51とハウジング52の相対移動面に形成されたねじ溝（図10で黒く塗りつぶした部分）、55は流体の吸入口である。

【0148】

56はピストン57を軸方向（矢印58）に移動させる軸方向駆動装置、59はピストン57の端面、60はその固定側対向面、61はハウジング52に装着された吐出ノズルである。ピストン端面59と固定側対向面60が隙間方向に相対移動する2面（吐出室）となる。62は主軸端部、63はピストン外周部、64は主軸端部62とピストン外周部63を結ぶ流通路である。ピストン外周部63には、流通路64を経て、流体補給装置の一例であるねじ溝ポンプ54により塗布流体65が常時供給される。68はピストン57の端面と固定側対向面60の間に形成された吐出室である。軸方向駆動装置56（具体構造は図示せず）は、ピストン57と固定側であるハウジング52の間に軸方向相対位置に変化を与える。この軸方向駆動装置56によって、ピストン端面59とその対向面60間の隙間hを変化させる点は、図1の第1実施形態と同様である。また、ねじ溝ポンプ54 40 50

とピストン57の構成条件も同様に、

(i) ピストン端面とその対向面間の隙間 h の最小値を $h = h_{min}$ としたとき、 h_{min} は十分に大きく、たとえば、 $h_{min} > 50 \mu m$ である。

【0149】

(ii) ねじ溝は定量ポンプに近い設計がなされており、その内部抵抗 R_s は十分に大きい。

【0150】

第2実施例で示すごとく、流体補給装置の一例であるポンプ部66と、軸方向駆動装置によってピストンを駆動する部分（ピストン駆動部67）を分離して塗布装置を構成すれば、上記実施形態を適用する対象によっては装置全体を大幅に簡素化できる等のメリットが得られる。たとえば、軸方向駆動装置に圧電素子を用いてピストン駆動部を構成すれば、圧電素子アクチュエータの部分は十分にコンパクトにできる。

【0151】

本発明の圧力発生原理について補足する。第2次スクイズ圧力を利用しなくても、「隙間を変化させる手段（又は装置）を有するピストン」と「流体供給源」の間の流通路に「絞り」を形成すれば、圧力を発生できる。たとえば、従来インクジェット方式の場合、図28の656が絞りに相当する。従来インクジェット方式の圧縮・吐出工程では、この絞りが圧力発生に寄与する。しかし、吸入工程時において、この絞りは供給源からピストン部（吐出室）へ流体を供給する際の流体抵抗となる。この流体抵抗により、特に流動性の悪い高粘度流体を高速で間欠塗布する場合は、短い時間で流体をピストン部には充填できず、間欠塗布周期の限界となる。

【0152】

本発明の第2実施例ではねじ溝ポンプを用いており、ねじ溝ポンプが最も大きな流量を輸送できるのは、差圧が最小のとき、すなわち、ピストンが上昇した吸入工程時である。ねじ溝の最大流量 Q_{max} はねじ溝の仕様、回転数などで、流体粘度に関わらず自由に選択できる。したがって本発明の上記実施例のディスペンサでは、吸入工程時の流体充填時間が間欠周期に与える制約は回避されるのである。

【0153】

本発明におけるねじ溝ポンプの役割は、流体を正方向（吐出側）に流し易いが、逆流は難しい「一方向ダイオード」として考えてよい。

【0154】

【3】マルチヘッドの場合

(1) マルチヘッド化の課題

以上説明したディスペンサの実施形態又は実施例は、いずれも流体補給装置の一例であるポンプ部とピストン駆動部が一对で構成されたシングルヘッドであった。

【0155】

以下、本発明のヘッドをさらに生産タクトアップする方策について述べる。

【0156】

前述したように、PDPに蛍光体層を形成するための課題、すなわち、スクリーン印刷方式、フォトリソグラフィ方式に係る前述した課題を解決するために、ディスペンサを用いた直接描画方式（ダイレクトパターンニング）を実現させて欲しいという要望が強い。しかし、ディスペンサを用いてパネル面に蛍光体層を形成する場合でも、スクリーン印刷方式と同等の生産タクトが要望される。本発明を独立セル内に蛍光体を間欠塗布するプロセスに適用する場合、前述した塗布プロセスの条件、(i) 1ドット当たりの吐出量が一定、(ii) 周期が一定、(iii) 超高速塗布、に加えて次の条件が必要となる。

【0157】

(iv) マルチヘッドであること

(v) 各ヘッドの流量を補正できること

上記(v)の理由について以下説明する。第2実施例で示したように、流体補給装置の一

例であるポンプと、ピストンを駆動する軸方向駆動装置を分離して塗布装置を構成すれば、1セットのポンプ部から複数個のピストン駆動部に流体を分枝して補給することにより、マルチノズルを有する塗布ヘッドが実現できる。

【0158】

図11の斜視図において、200は流体補給装置の一例であるポンプ部、201、202、203は圧電アクチュエータとピストンで構成されるピストン駆動部A、B、Cである。204は内部にポンプ部200と上記ピストン駆動部を繋ぐ流通路（図10の64に相当）が形成された筐体である。

【0159】

図12はマルチヘッドの場合の等価回路モデルを示す。

10

【0160】

P_{sq11} 、 P_{sq12} 、 P_{sq13} は各ピストン駆動部の第1次スクイーズ圧力、 R_{p1} 、 R_{p2} 、 R_{p3} はピストン端面の半径方向の流体抵抗、 R_{n1} 、 R_{n2} 、 R_{n3} は各ノズル抵抗である。 $R_{p1} \sim R_{p3}$ の大きさは16式で示されるように、隙間 h の3乗に逆比例する。 $R_{p1} \sim R_{p3}$ は、塗布装置を解体することなく流量を調節できる「可変抵抗」である。

【0161】

前述した実施例では、ピストン端面とその対向面間の隙間 h を十分に大きく設定して、第1次スクイーズ圧力の発生を極力押さえることにより、1ドット当たりの吐出量はポンプ部の条件設定（たとえば回転数）だけで決まる構成となっていた。1セットのポンプ部から複数個のピストン駆動部に流体を分枝して補給する場合、各ピストン駆動部の寸法精度、流路抵抗などが厳密に等しく構成できれば、ポンプ部から供給される流量は同一配分される。しかし、数%の塗布量の精度が要求されるディスプレイ等の塗布対象については、流量精度は微調整できる方が好ましい。

20

【0162】

(2) 流量調整方法

ここで、再度本研究が導出した基礎式（11式）に立ち返ることにする。

【0163】

図13のグラフは、ねじ溝の回転数 $N = 300 \text{ rpm}$ の条件下で、ピストンの最小隙間 $h_{min} = 15 \mu\text{m}$ と $h_{min} = 150 \mu\text{m}$ の場合について、(11)式を用いて吐出圧力特性を求め、比較したものである。直感的な予想に反して、両者の比較からピストンの最小隙間 h_{min} が大きくなると、吐出圧力の振幅は増大するという驚くべき結果が得られる。1ドット当たりの吐出量は $h_{min} = 150 \mu\text{m}$ の方が大きい。

30

【0164】

ピストンの最小隙間 h_{min} が増大すると、第1次スクイーズ圧力 $P_{sq1} \rightarrow 0$ となるが、同時にピストン端面とその対向面のスラスト流体抵抗 $R_p \rightarrow 0$ となるため、分圧比 $(= R_n / (R_s + R_p + R_n))$ が増大する。(13式参照)

本解析条件では、 $P_{sq1} \rightarrow 0$ となる影響よりも、上記分圧比が増大する影響の方が大きいために、 h_{min} の増加に伴い圧力 P_i の振幅は増大している。

40

【0165】

図14Bのグラフは、図14Aにおいて、 $N = 300 \text{ rpm}$ の条件下で、ピストンの最小隙間 h_{min} に対する1ドット当たりの吐出量を求めたものである。 $h_{min} = 0.1 \text{ mm}$ 近傍を超えると、1ドット当たりの吐出量 Q_s は h_{min} に依存せず一定値 $Q_s \rightarrow Q_{se}$ に収束していく。吐出量の収束値 Q_{se} は前述したように、ピストンのストローク、最小隙間などと無関係に、流体供給装置の一例であるポンプの圧力流量特性と、ポンプ負荷（吐出ノズル流体抵抗 R_n ）で決まる動作点により決定される。

【0166】

さて、以上の解析から得られた知見から、各ヘッドの流量調節は次のいずれかを選べばよい。

【0167】

50

(i) 各ヘッド間の流量のバラツキが大きい場合は、第1次スクイーズ圧力の影響を強く受ける領域、すなわち、隙間に対する吐出量の傾きが急峻な $0 < h_{mi,n} < h_x$ の範囲で、ピストンの最小隙間 $h_{mi,n}$ を設定する。

【0168】

(ii) 1ドット当たりの塗布量を極めて高精度に確保したい場合は、隙間に対する吐出量の傾きが滑らかな $h_{mi,n} \doteq h_x$ 近傍に、ピストンの最小隙間 $h_{mi,n}$ を設定する。

【0169】

上記 h_x は、 $0 < h_{mi,n} < h_x$ の領域における $h_{mi,n}$ に対する Q_s 曲線の包絡線 (I) と、 $Q_s = Q_{se}$ の直線 (II) の交点の値とする。言い換えれば、上記 h_x は、1ドット当たりの総吐出量 Q_s の h_0 における接線と、1ドット当たりの総吐出量 Q_s が概略一定になる地点での接線との交点とする。

【0170】

ピストンの変位は、ピストンの絶対位置を検出する変位センサーを配設して閉ループ制御を施せば、任意の位置決め制御が可能である。但し、圧電素子、超磁歪素子などの電磁歪素子を用いた場合は、ストローク限界 (0~数十ミクロン) があるために、ピストンの最小隙間 $h_{mi,n}$ の調節は、機械的な方法と電子制御による方法を組み合わせて用いてもよい。

【0171】

たとえば、最初にピストンの位置を機械的に粗く位置決めした後、流量測定データを基に、電子制御を用いて再度各ヘッドのピストン位置を補正すればよい。

【0172】

また、流量調節に上記 (i) (ii) のいずれを用いる場合でも、供給源ポンプの出力流量の設定方法と併用すれば、ピストン端面とその対向面間の隙間が十分に大きなところで、流量調節できる。たとえば、流量が大きすぎて、ピストンの最小隙間 $h_{mi,n}$ を小さく設定せざるを得ない場合は、ねじ溝ポンプの回転数を低下させれば、 $h_{mi,n}$ は大きく設定できるようになる。この点は後述するように、粉流体を扱う場合に有利となる。

【0173】

マルチヘッドのヘッド間の流量差補正に用いた上記方策は、シングルヘッドの場合も適用できる。シングルヘッドの場合、ピストンの最小隙間を $h_{mi,n} \doteq h_x$ 近傍、あるいは $0 < h_{mi,n} < h_x$ の範囲に設定しておき、ポンプのモータ回転数を変える代わりに、 $h_{mi,n}$ を調節すれば高速流量制御ができる。モータの回転数制御の応答性は、せいぜい 0.01~0.05秒レベルであり限界があるが、電磁歪素子で駆動されるピストンの制御応答性は 0.001秒以下まで可能である。

【0174】

ピストンの最小隙間 $h_{mi,n}$ で流量を調節するのではなく、ピストン入力変位波形の平均値、あるいは中心値で流量を調節してもよい。

【0175】

ピストンの最小隙間を $h_{mi,n} \doteq h_x$ 近傍、あるいは $0 < h_{mi,n} < h_x$ の範囲に設定した場合、間欠塗布の切れ味を改善する場合は、13式において、上記隙間 h の時間微分が最大値をもつときの第1次スクイーズ圧力 $P_{squ1} = P_{squ10}$ 、第2次スクイーズ圧力 $P_{squ2} = P_{squ20}$ としたとき、 $P_{s0} + P_{squ10} + P_{squ20} < 0$ となるように、モータの回転数、ピストン・ストローク、間欠周波数などを設定すれば良い。

【0176】

(2) 塗布装置と塗布方法について

図11の斜視図に一例を示したように、流体補給装置の一例である1セットのポンプ部に対して、ピストン駆動部を複数個配設する構成にすれば、装置全体を大幅に小型化できる。通常、流体補給装置の一例であるポンプ部の小型化は限界があるが、ピストン駆動部は小径の圧電アクチュエータ等の適用が可能であり、マルチヘッド構成にした場合、各ノ

ズル間のピッチを充分小さくできる。

【0177】

さらに、図11に示したマルチヘッドをサブユニットとして、このサブユニットを複数個組み合わせさせた塗布装置としてもよい。

【0178】

ここで図15に示すように、マルチノズルを有する本発明の上記実施形態又は実施例のディスペンサが基板上を相対的に移動しながら、PDPの独立セル内に蛍光体を打ち込んでいくプロセスを想定する。850は背面板を構成する第二基板、851はバリアリブより形成された独立セルである。独立セル851は、RGB各色の蛍光体が打ち込まれるセル851R、851G、851Bより構成される。また、蛍光体852は、R色（赤）の蛍光体852R、G色（緑）の蛍光体852G、B色（青）の蛍光体852Bが用いられる。図15では、ディスペンサのノズル部のみを記載しており、ディスペンサ本体の図は省略している。

【0179】

ここで一つのノズル853だけに注目する。独立セル内に蛍光体をディスペンサから飛翔させて打ち込んでいく本工法では、図16の拡大図に示すように、吐出ノズル853の先端とバリアリブ頂点854間の距離Hを保つ必要がある。その理由は下記の通りである。PDP独立セルの容積はたとえば実施例の場合、 $V = 0.65 \text{ mm (縦)} \times 0.25 \text{ mm (横)} \times 0.12 \text{ mm (深さ)} \div 0.02 \text{ mm}^3$ 程度であり、この容器一杯に蛍光体ペーストを充填させる必要がある。なぜならば前述したように、蛍光体用塗工液の充填・乾燥工程を経て、揮発分が除去された後、セル内壁に肉厚の蛍光体層を形成する必要があるからである。

【0180】

セル内に蛍光体ペーストを打ち込んでいる段階では、高粘度ペーストはその流動性の悪さゆえに、すみやかにセル容器全体に充填されない。そのメニスカスはバリアリブ頂点854よりも盛り上がった形を保ちながら、上部からペーストが充填される形となる。したがって、対象とするセル内への塗布が終了した段階でも、メニスカスは平坦化していない。塗布途中の段階で、吐出ノズル853先端がこの盛り上がった蛍光体メニスカスに接触すると、ノズル先端に液が附着するため、ノズルから流出した流体がノズル先端の流体魂の影響を受けて様々なトラブルの要因となる。そのため、吐出ノズル853の先端とバリアリブ頂点854間の距離Hは十分な距離を保つ必要がある。

【0181】

ノズル先端の液附着を防止するために、実施例では、 $H \geq 0.5 \text{ mm}$ は必要であった。さらに、 $H \geq 1.0 \text{ mm}$ にすれば液附着防止は十分であり、長時間にわたる信頼性の高い間欠塗布を達成することができた。

【0182】

吐出ノズル853の先端とその対向面のギャップHを十分に大きく保ち、かつ高粘度・粉流体を飛翔させながら、粉体粒径よりも十分に大きな流通路のギャップを維持した状態で、所定の「独立セル」内に高速で狙い撃ちする工法は、本発明の上記実施形態又は実施例のディスペンサによって可能としたものである。

【0183】

従来式の場合、「ジェット式ディスペンサ」（図26）、「インクジェット式」（図28）の場合は、いずれも塗布流体を飛翔させることができた。

【0184】

しかし、前述したように、「ジェット式ディスペンサ」の場合、相対移動する部材間に機械的な隙間ゼロの摺動部があるために、蛍光体微粒子などを有する粉流体の長時間にわたる使用は難しい。また、「インクジェット式」は、その原理、構造面から $100 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ 以上の高粘度流体、及び粒子径が数ミクロンの粉流体の対応は困難である。したがって、本発明を用いた塗布装置の特徴を要約すれば、

(1) 数千～数万 $\text{mPa} \cdot \text{s}$ (cps) オーダーの高粘度流体に対応できる。

(2) 数 μm 以上の粉体径を含有する塗布材料でも、目詰まりが発生しない。
 (3) 間欠塗布が msec オーダーの短い周期、あるいはそれ以下で打てる。
 (4) 塗布流体を、吐出ノズルから $0.5 \sim 1.0\text{mm}$ 以上離して遠距離飛翔できる。

(5) 1ドット当たりの塗布量が高い精度で確保できる。

(6) マルチヘッド化が容易で、構造がシンプルである。

上記(1)～(6)は従来スクリーン印刷方式、フォトリソグラフィ方式に代わり、ディスペンサを用いて、独立セル方式の蛍光体層をダイレクト・パターンニングで達成するための必要条件でもある。以下、上記(1)～(6)が必要条件とされる理由、及び、本ディスペンサが上記特徴を有する理由について少し補足する。

10

【0185】

蛍光体層を形成する上で上記(1)が必要とされる理由は、前述したように、塗布・乾燥後、 $10 \sim 40\mu\text{m}$ 程度の蛍光体層をリブ壁面に厚盛りするために、蛍光体を含有する塗工材料は溶剤の量を少なくした粘度の高いペースト状流動体を用いる必要があるからである。また、本発明が数千～数万 $\text{mPa}\cdot\text{s}$ (cps)オーダー、具体的には、 $5000 \sim 100,000\text{mPa}\cdot\text{s}$ オーダーの高粘度流体に対応できる理由のひとつは、本発明の実施例では、流体補給装置にねじ溝ポンプを用いており、高粘度流体をピストン側(吐出室)に圧送するポンピング圧力がこのねじ溝ポンプで容易に得られるからである。また、高粘度流体を用いた場合、スクイーズ圧力は粘度に比例するため、大きな吐出圧力が発生する。発生圧力を $P_i = 10\text{MPa}$ とし、たとえば表1からピストン径 $D_o = 3\text{mm}$ としたとき、ピストンに加わる軸方向荷重 $f = 0.0015^2 \times \pi \times 10 \times 10^6 \div 70\text{N}$ である。本実施例では、ピストン側は上記荷重に耐え得る耐荷重の大きな電磁歪アクチュエータを用いている。

20

【0186】

蛍光体層を形成する上で上記(2)が必要とされる理由は、前述したように、ディスプレイが高輝度を得るためには、通常数ミクロンオーダー粒径の蛍光体微粒子が最適とされるからである。また、本発明のディスペンサが流路内での目詰まりが発生しにくい理由は、第2次スクイーズ圧力を利用できるため、最も目詰まりし易いピストンとその対向面の隙間の最少値 $h_{m,i}$ を、粉体粒径よりも十分に大きく、たとえば、 $h_{m,i} = 50 \sim 150\mu\text{m}$ 、あるいはそれ以上に設定できるからである。

30

【0187】

独立セル方式の蛍光体層をダイレクト・パターンニングで達成する上で上記(3)が必要とされる理由は次のようである。たとえば、42インチワイドPDPの場合、画素数は縦852RGB×横480とすれば、独立セル数 $= 3 \times 408960 \div 123$ 万個である。蛍光体の塗布プロセスに許容される時間 $T_p = 30\text{sec}$ 、100個のノズルを塗布装置に装着すると仮定すれば、1ショット当りの時間 $T_s = 30 \times 100 / 123000 \div 0.0024\text{sec}$ である。この値は、従来エア式、ねじ溝式ディスペンサの応答性の $1/100$ 以下である。したがって量産性を考慮したとき、従来式をはるかに凌駕する高速応答ディスペンサが必要である。

【0188】

本発明のディスペンサが上記(3)を実現できる理由の一つは、ピストン端面とその対向面間の隙間 $h_{m,i}$ を大きく、たとえば $50 \sim 150\mu\text{m}$ 、あるいはそれ以上に設定できるため、流体の充填工程(ピストンが上昇した状態での吸入工程)において、供給源ポンプから吐出室(図1の14、図10の68)へ繋がる流路の流体抵抗を極力小さくできるからである。吐出ノズルに繋がる半径方向流路の流体抵抗が小さいため、流動性の悪い高粘度流体の場合でも充填時間を短くできる。

40

【0189】

また、本ディスペンサでは、たとえば 0.1msec 以下の高い応答性を有する圧電素子、超磁歪素子等を用いた電磁歪アクチュエータを効果的に用いることができる。電磁歪アクチュエータのストロークは、実用レベルで $30 \sim 50\mu\text{m}$ 程度が限界であるが、本ディ

50

ペンサでは第2次スクイーズ圧力を利用しているため、隙間 $h_{m.i.a.}$ が大きな状態でも、大きな圧力を発生できる。第2次スクイーズ圧力は、式12から分かるように、隙間 h の絶対値には依存せず、隙間の微分 dh/dt (速度) のみに依存する。したがって、大きな速度 dh/dt の得られる電磁歪アクチュエータの長所を活かすことにより、鋭敏かつ短い周期で、5～10MPaあるいはそれ以上の高いピークを持つ吐出圧力が容易に得られるのである。

【0190】

従来式である「ジェット式ディスペンサ」(図26)の場合、ニードル555を駆動するメカニズムを電磁歪アクチュエータに置きかえることは容易と思われる。しかしこの場合、図27Aの吸入工程において、球面形状の凸部559と凹部561の間で形成される吸入部564の隙間は、電磁歪アクチュエータのストロークでは、せいぜい数十 μm しかとれない。その結果、主に高粘度流体の場合、ポンプ室553に流体が充填されるのに時間を要するため、高速応答性を有する電磁歪アクチュエータを用いた折角の効用が活かせないのである。

【0191】

蛍光体層をダイレクト・パターンニングで形成する上で上記(4)が必要とされる理由は、前述したように、塗布途中段階で、バリアリブ頂点よりも盛り上がった蛍光体メニスカスと吐出ノズル先端の接触を防止する必要があるからである。また、上記(4)を実現できる理由は、前述したように、本ディスペンサは電磁歪アクチュエータの高速応答性を利用して、鋭敏で、5～10MPaあるいはそれ以上の高いピークを持つ吐出圧力が容易に得ることができるからである。このノズル先端の表面張力に打ち勝つ高いピーク圧を利用して、高粘度流体の場合でも遠距離飛翔ができる。

【0192】

上記(5)が必要とされる理由は、独立セル内の蛍光体充填量の精度は、たとえば、±5%程度必要とされるからである。上記(5)が実現できる理由は、本ディスペンサの間欠塗布における1ドット当りの塗布量が、基本的にピストンのストローク、絶対位置、塗布流体の粘度に依存せず、「供給源ポンプの圧力流量特性と吐出ノズル流体抵抗の動作点における流量」と、単位時間当りの塗布回数だけで決定されるからである。具体的には、供給源ポンプにねじ溝ポンプを用いた場合、間欠周波数とねじ溝軸の回転数を変えるだけで1ドット当りの所定の塗布量を設定できる。

【0193】

従来式ディスペンサの場合は、ピストンのストローク、絶対位置、塗布流体粘度は、いずれも吐出量に多大な影響を与えるため、厳密な管理が必要である。たとえば、エア式ディスペンサの場合、吐出量は流体粘度に逆比例する。

ジェット式の場合は、吐出量はストロークに正比例する。本ディスペンサでは、ねじ溝軸の回転数はDCサーボモータを用いて、一定回転数を維持するように制御すればよく、間欠塗布量精度を損なう要因は僅少である。

【0194】

上記(6)が必要とされる理由は、ダイレクト・パターンニングの場合、少なくとも数十個のヘッドを塗布装置に搭載する必要があるからである。従来工法に代わり得るためには、スクリーン印刷方式、フォトリソグラフィー方式と比べて遜色のないメンテナンス性が要求される。

上記(6)が実現できる理由は、本塗布装置では上記(5)同様に、間欠塗布における1ドット当りの塗布量が、ピストンのストローク、絶対位置に鈍感にできるため、ピストン駆動部(図10の67)の構成をシンプルにできるからである。つまり、ピストン駆動部における相対移動する部材(図10の57、52)の高精度加工、組み立て時の部材間の正確な位置合わせ、ピストン・ストロークの絶対精度の確保など、従来ディスペンサで要求されるこれらの工程管理が、本ディスペンサではそれ程要求されない。したがって、複数本のピストンを独立駆動するマルチヘッド全体もおおいに簡素化できる。

【0195】

(3) ダイヤフラム式ヘッド構造について

図17A～図17Dは本発明の第3実施形態を示すものである。吐出室（図1の14、図10の68相当）をダイヤフラムとその対向面で形成し、このダイヤフラムを直接圧電アクチュエータで駆動させて、ダイヤフラムとその対向面の隙間を可変させた場合を示す。流体補給装置の一例であるねじ溝ポンプと、スクイーズ圧力を発生させるピストンは、第2実施例同様に分離して構成している。

【0196】

図17Aは正面一部断面図、図17Bは側面図、図17Cは上面図、図17Dは上部底板と下部底板で形成される流通路を示す図、図17Eは上記ダイヤフラム部分の拡大一部断面図である。

10

【0197】

301は主軸であり、ハウジング302に対して回転方向に移動可能に収納されている。主軸301は回転伝達装置の一例であるモータ303により回転駆動される。324は主軸301を支持する軸受である。304は主軸301とハウジング302の相対移動面に形成されたねじ溝、305は流体の吸入口、306は塗布材料307を収納するシリンジ、308は補助エア圧を供給するためのエア配管である。309はモータの出力軸310と主軸301を連結する継手、311は上部底板に形成されたねじ溝ポンプ側の十分に大きな流路（数ミリメートル程度）を有する吐出口である。

【0198】

312はピストン、313はこのピストン312を軸方向に移動させる軸方向駆動装置の一例である圧電アクチュエータ、314は圧電アクチュエータ313の上端部を固定する圧電アクチュエータ用ハウジング、315はピストン312の端面である。316は上部底板、317は下部底板、318は中間シート、319は上部底板316と下部底板317の間に、中間シート318の厚みを利用して形成された流通路である。320は上部底板316の肉厚を薄くして形成されたダイヤフラム、321は下部底板317に装着された吐出ノズルである。下部底板317と吐出ノズル321に吐出口322が形成されている。

20

【0199】

ダイヤフラム320とその固定側対向面323が隙間方向に相対移動する2面となる。軸方向駆動装置の一例である圧電アクチュエータ313は、ダイヤフラム320と固定側対向面323の間に軸方向相対位置に変化を与える。この軸方向駆動装置によって、相対移動面の隙間h〔図17E参照〕を変化させる点は、図1、図10の実施例と同様である。

30

【0200】

本実施例のヘッド構造により、ねじ溝ポンプの出口から吐出口に至る流通路を完全密封状態にできるため、ピストン部のシールが不要となった。

【0201】

また、電磁歪アクチュエータの出力端を、直接ダイヤフラムに押し当てた状態で駆動できるため、機械的稼働部の質量を軽くできる。すなわち、図10の構造におけるピストン57に相当する部分を小さくできるため、電磁歪アクチュエータの慣性負荷を小さくできる。その結果、より高い周波数での間欠塗布が可能となった。

40

【0202】

図17Aに、本塗布装置の制御ブロック図の一例を簡略化して示す。325は圧電アクチュエータ313の駆動方法を与える指令信号発生器、326は制御コントローラ、327は圧電アクチュエータ313の駆動電源であるドライバー、328はステージに設けられたリニアスケールからの位置情報を示す。予め決定されているピストンの立上り・立下り波形、間欠周期、振幅、最小隙間などの指令信号と、塗布装置と基板の相対速度と相対位置を検出するリニアスケールからの情報328を基に、制御コントローラ326を経て、圧電アクチュエータ313がドライバー327により駆動される。

【0203】

50

ピストン 312 の軸方向駆動装置として実施例では圧電アクチュエータ 313 を用いたが、電磁歪アクチュエータのひとつである超磁歪アクチュエータを用いてもよい。

【0204】

(4) 流量調整の別方法について

図 18A、図 18B は本発明の第 4 実施形態を示すもので、第 1 次スクイズ圧力と第 2 次スクイズ圧力を発生させるピストン (図 17A の 312) の最少隙間 $h_{m i n}$ の設定で各ヘッド間の流量のばらつきを補正するのではなく、ねじ溝ポンプから各ノズルに至る流通路の途中に別途流量補正機能 (装置) を設けた場合を示す。図 18A は正面一部断面図、図 18B はねじ溝ポンプとダイヤフラムを繋ぐ流通路を示す図である。351 は主軸、352 はハウジング、353 はモータ、354 はねじ溝、355 は吸入口、356 は塗布材料 357 のシリンジ、358 はエアー配管である。359 は継手、360 はねじ溝ポンプ側の十分に大きな流路 (数ミリメートル程度) を有する吐出口、361 はメインピストン、362 は軸方向駆動装置の一例である圧電アクチュエータ、363 は圧電アクチュエータ用ハウジング、364 は上部底板、365 は下部底板、366 は中間シート、367 は上部底板 364 と下部底板 365 の間に形成された流通路である。368 は上部底板 364 の肉厚を薄くして形成されたメインピストン用ダイヤフラム、369 は吐出ノズルである。370 は流量補正用圧電アクチュエータ、371 は上部底板 365 の肉厚を薄くして形成された流量補正用ダイヤフラムである。メインピストン用ダイヤフラム 368 とその固定側対向面が隙間方向に相対移動する 2 面となるという点は第 3 実施例と同様である。但し、この場合はメインピストンの最少隙間 $h_{m i n}$ は十分に大きく、たとえば、 $h_{m i n} > 150 \mu m$ に設定しておく。

【0205】

流量補正用圧電アクチュエータ 370 の出力軸 (サブピストン) 372 の変位を可変させれば、流量補正用ダイヤフラム 371 とその対向面の隙間 h_s を調節できる。隙間 h_s が決定すれば、以降はこの隙間 h_s を保つように、流量補正用圧電アクチュエータ 370 に常に一定電圧を印加した状態にする。

【0206】

図 12 のマルチヘッドの等価回路モデルで説明すれば、 $R_{p1} \sim R_{p3}$ の大きさは 16 式で示されるように、隙間 h の 3 乗に逆比例する。メインピストン用の $R_{p1} \sim R_{p3}$ は、 $h_{m i n}$ が十分大きいので $R_{p1} \sim R_{p3} \rightarrow 0$ となる。この代わりに流量補正用の $R'_{p1} \sim R'_{p3}$ (図示せず) が置き換わることになる。実施例では、この流量補正のための h_s を $50 \mu m$ 以下に設定したが、実際に高速間欠塗布させた状態で、各ノズルからの流量を実測して、流量補正のための h_s を実験的に決めても良い。

【0207】

実施例では、流量補正用アクチュエータ 370 に圧電式アクチュエータを用いたが、機械的な補正手段 (又は装置) でもよい。たとえば、マイクロメータの出力軸をサブピストンとする手動式でもよい。

【0208】

(5) 始末端制御方法について

以下、本発明を用いて PDP の独立セルを間欠塗布する場合の始末端制御方法について述べる。ここで図 15 に立ち返り、マルチノズルを有するディスペンサが基板上を相対的に移動しながら、独立セル内に蛍光体を打ち込んでいくプロセスを想定する。ここで一つのノズル 853 だけに注目する。

【0209】

ここで、パネル面は蛍光体層を形成する「表示領域」855 と、この表示領域 854 の外周部に蛍光体層を形成しない「非表示領域」856 を有するものとする。「非表示領域」856 の外周境界部を鎖線 857 で示す。

【0210】

パネル面の表示領域 855 を、間欠塗布しながら矢印 858 の方向に高速走行したノズル 853 は、最後の間欠塗布が完了した時点で、ディスペンサの吐出を遮断すると同時に

非表示領域 856 に入る。この非表示領域 856 において、矢印 859 のごとく U ターン後、助走区間を経て、再度、表示領域 855 に入り、ディスペンサは間欠吐出を再開する。

【0211】

図 19 A のグラフはピストンの時間に対する変位曲線であり、同図中の 950 はピストン、951 は吐出室（図 1 の 14 に相当）である。図 19 B は時間 t に対するモータの回転数 N を示す。ノズル 853 が表示領域 855 の端部のセルに塗布材料を打ちこんだ後、ピストン 950 は定常の変位パターンにより上昇する。この段階、すなわち時間 $t = T_1$ において、ノズル 853 は非表示領域 856 に向けて走行開始すると同時に、ピストン 950 は再度緩やかな傾斜角 952 を描いて上昇を開始する。ピストン 950 が上昇することによる単位時間当りの吐出室 951 の体積増大量を Q_p 、ねじ溝ポンプの最大流量を Q_{max} としたとき、 $Q_p > Q_{max}$ ならば、吐出は遮断された状態を保つ（18 式参照）。時間 $t = T_1$ において、同時にねじ溝ポンプのモータの回転数 $N \rightarrow 0$ にする。このとき、補助エア圧（図 17 A の場合 308）も遮断すればより好ましい。モータ制御とエア圧制御の応答性は、電磁歪素子と比べて 2 桁程低く、立ち上がり・立ち下り時間はせいぜい $T = 0.05$ 秒程度である。この時間 T の間、 $Q_p > Q_{max}$ が成り立つと同時に、ピストン 950 が上昇続けられるようにピストンのストローク、ピストン径を設定しておく。

【0212】

ノズル 853 がパネルの端面の U ターン区間（非表示領域 856）を走行するとき、ノズル 853 とパネル間の相対速度はゼロ及びその前後の極めて低速状態となる。もしこの区間でノズルから材料の流出が続けば、複数本のノズルからの吐出が重なるため、材料が基板上（但し非表示領域 856）に堆積することになる。その結果、堆積した材料が吐出ノズルの先端に附着するなどのトラブルが発生するため、U ターン区間においては吐出は遮断された状態を保つ方が好ましい。時間 $t = T_1$ において吐出を再開するが、このときモータの立ち上がりに要する時間 T_m を考慮して、予めモータの回転を開始させておけばよい。吐出開始直後の塗布量が不安定の場合は、ノズルは非表示領域 856 の位置に置き、1～2 回の捨打ち後、独立セルへの塗布を開始すればよい。

【0213】

塗布状態から遮断状態に高速で移行する方法、たとえば、吐出ノズルが基板における「表示領域」から「非表示領域」に移り代わる際に、ピストンを上昇させて吐出を遮断する方法は連続線塗布の場合にも適用できる。また、ピストン上昇と同時にモータの回転数を低下、あるいはゼロにする方法も連続線塗布に適用できる。

【0214】

たとえば連続線塗布の場合、「表示領域」で連続線を描いた後、「非表示領域」で吐出遮断状態を保ちながら U ターンし、再度吐出ノズルが「表示領域」に入ると同時に連続線塗布を開始するのである。この場合でも、本発明が見出した第 2 次スクイーズ圧力を利用できるため、上記 [1]～[3] で説明した塗布方法とディスペンサ構造を適用することができる。たとえば、ピストン端面の隙間 h の最小値を $h = h_{min}$ としたとき、 $h_{min} > h_x$ となるように十分に大きく、たとえば $h_{min} = 150 \mu m$ 程度に設定できる。そのため、部材の熱膨張で隙間 h が数ミクロン変動しても、連続塗布流量の変動に与える影響は僅少である。また、 h_x を求める方法、マルチヘッドの流量を補正する方法等も、間欠流量を連続流量に置きかえればよく、前述した内容を利用できる。

【0215】

[4] その他補足説明

[4-1] ピストン駆動部を軽量化する方法

図 20 の斜視図は本発明の第 5 実施形態を示し、流体補給装置の一例であるポンプ部とピストン駆動部をフレキシブルなパイプで連結する構成にして、ポンプ部を固定側に配置し、ピストン駆動部を高速走行するステージ側に配置したものである。この場合、ピストン駆動部は軽量でよいために、パネルに対する吐出ノズル先端の高速速度制御・位置決め

制御に有利となる。

【0216】

150はパネルであり、このパネルの両側を挟んで1対のY軸方向搬送装置151、152が設けられている。また、X軸方向搬送装置153が、Y-Y'方向に移動可能に、上記Y軸方向搬送装置151、152上に搭載されている。さらに、Z軸方向搬送装置154が、矢印X-X'方向に移動可能に、上記X軸方向搬送装置153上に搭載されている。Z軸方向搬送装置154には、圧電アクチュエータとピストンで構成されるピストン駆動部155が搭載されている。

【0217】

156は流体補給装置の一例であるポンプ部であり、固定側に配置されている。157はこのポンプ部156（例えば図10の66に対応）とピストン駆動部155（例えば図10の67に対応）を繋ぐ流路であるフレキシブルパイプである。高速間欠塗布を図る上で、フレキシブルパイプの弾性による圧縮性が問題となる場合は、ピストンの最少隙間 h_{mi} を十分に小さくした状態で本装置を構成すればよい。

【4-2】 塗布休止区間を設ける方法

図21A、図21Bは、間欠塗布に「塗布休止区間」を設ける場合の実施例を示す。具体的には、等量ドットを等時間間隔で n 個打った後、1個分塗布を休止して、再度等量ドットを等時間間隔で n 個打つ動作を繰り返す塗布工法である。たとえば、回路形成におけるチップ部品接着工法において、1個だけ別種の接着材による接着が必要なため、この部分だけ塗布休止が必要な場合に相当する。

【0218】

図21Aのグラフはピストンの時間に対する変位曲線であり、同図中の750はピストン、751は吐出室（図1の14に相当）、752は吐出ノズルである。図21Bにおいて、753は基板、754は基板753上に塗布されたドットである。

【0219】

時間 $t = T_1$ を開始点として、ピストン750は緩やかに下降する直線755上で、同一振幅の上昇と下降を繰り返しながら、 n 個分間欠塗布を行なう。時間 $t = T_2$ において、ピストン750は定常時よりも大きく上昇する。間欠塗布の開始時点で直線756の始点の値は、 $t = T_1$ における直線755の値に等しい。定常時のピストンの周期を ΔT とすれば、大きく上昇し再度下降するまでの時間は $2\Delta T$ である。 $t = T_3$ 後、ピストン750は緩やかに下降する直線756上で、再び同一振幅の上昇と下降を繰り返しながら、間欠塗布を繰り返す。 n 個分の間欠塗布が終了した時点で直線756の終点の値は、 $t = T_2$ における直線755の値に等しい。

【0220】

時間 $t = T_2$ から時間 $t = T_3$ の間、時間幅 $2\Delta T$ の区間で、2回分の塗布総流量がねじ溝ポンプから吐出室751に充填される。しかし、 $t = T_3$ における間欠塗布では、ピストンは定常時の振幅分しか下降しないため、定常時の流量しか塗布されない。ピストンの最少隙間 h_{mi} が大きいとき、吐出圧力は最少隙間 h_{mi} の絶対値に依存しないという本発明の特徴がここで活かされるのである。

【0221】

吐出室751で1回分余計に蓄積された流体は、その後、 n 個分の間欠塗布で均等分配されながら吐出していく。したがって、本方法及び装置を用いれば、塗布休止部分を有する全区間で、1ドット当り同一の塗布量の間欠塗布ができる。

【0222】

上記方法及び装置は間欠塗布の時間間隔が一定値に設定されている場合、たとえば、ディスプレイが固定されていて、基板が搭載されたコンベアが一定速度で走行する場合のような塗布プロセスに有効である。

【0223】

【4-3】 あるスポットで間欠塗布量を変える方法

間欠塗布量をあるスポットだけ変える場合について述べる。

【0224】

たとえば塗布を開始してから、 n 回目の1ドット当りの塗布量を他と比べて2倍打つ場合は、次のようにする。 $n-2$ 回目と $n-1$ 回目の時間間隔を ΔT_{n-1} 、 $n-1$ 回目と n 回目の時間間隔を ΔT_n 、さらに、 n 回目と $n+1$ 回目の時間間隔を ΔT_{n+1} とする。ここで $\Delta T_n = 2 \times \Delta T_{n-1}$ 、 $\Delta T_{n-1} = \Delta T_{n+1}$ と設定する。 $n-1$ 回目でねじ溝ポンプから吐出室に充填される総流量は $Q_{n-1} = \Delta T_{n-1} \times Q_{max}$ 、 n 回目でねじ溝ポンプから吐出室に充填される総流量は $Q_n = \Delta T_n \times Q_{max} = 2 \times \Delta T_{n-1} \times Q_{max}$ である。したがって、 $Q_n = 2 \times Q_{n-1}$ となる。吐出室にねじ溝ポンプから充填される総流量は、吐出ノズルから流出する1ドット当りの塗布量に比例するとすれば、 n 10
 回目の塗布量は他と比べて2倍となる。但し、吐出終了後から吐出開始に至るまでの区間（上記 ΔT_n ）では、吐出室は十分に負圧の状態を保てるように、ピストンのストロークは十分に大きく設定しておく。以上、 n 回目の塗布量だけ他と比べて2倍塗布量を打つ場合について述べたが、逆に n 回目の塗布量だけ他と比べて1/2倍塗布量に減らす場合は、 $\Delta T_n = \Delta T_{n-1} / 2$ 、 $\Delta T_{n-1} = \Delta T_{n+1}$ と設定すればよい。このような考えのもとに、本ディスペンサでは各スポットで任意の塗布量を設定できる。

【0225】

従来ディスペンサがピストンの機械的変位（ストローク）で1ドット当りの塗布量を制御するのに対して、本ディスペンサでは時間間隔を制御することにより、塗布量を制御で20
 きる。

【0226】

【4-4】 隙間 h_{min} に対する吐出量 Q_s 曲線の変曲点 h_x を求める方法

前述したように、ピストン端面とその対向面間の隙間の最小値 h_{min} の値の設定は、本発明では極めて重要である。 $h_{min} > h_x$ として設定すれば、ピストン・ストロークとピストンの絶対位置の変動（ドリフト）に依存しない安定した間欠塗布が実現できる。

【0227】

$h_{min} \approx h_x$ として設定すれば、マルチヘッド間の微妙な流量補正ができる。この変曲点 h_x を求める方法として、

(1) 実験的方法

ピストン端面とその対向面間の隙間の最小値 h_{min} を設定し、間欠吐出をさせた状態30
 で、1ドット当たりの総吐出量 Q_s を求める。 h_{min} に対する Q_s の実測値をプロットして、変曲点 h_x を求める。

(2) 理論的方法

(i) 厳密な方法

ピストン変位の入力波形 $h(t)$ を与えて、(14)式を用いて流量 Q_i を求める。吐出工程区間での流量 Q_i を時間 t で積分し、1ドット当たりの総吐出量 Q_s を求める。 h_{min} に対する Q_s の理論値をプロットして、変曲点 h_x を求める。図14Bのグラフは上記方法で求めたものである。

【0228】

(ii) 簡易な方法

もう少し簡易に変曲点 h_x を求める方法について、以下説明する。

【0229】

前述したように、最小隙間 h_{min} が十分に大きな場合、流量： Q_i はストローク h_s 40
 t の大きさによって振幅は異なるが、動作点 Q_i を中心に変動する波形となる。

【0230】

すなわち、平均流量はピストンのストロークの大きさに依存せず、ねじ溝ポンプ特性と吐出ノズル抵抗で決まる動作点（たとえば、図8のA）で決まる。すなわち、周期が一定の条件下で、1ドット当たりの総吐出量 Q_s の大きさを比較する場合は、ストローク h_s 50
 t がゼロの場合における連続流量の大きさを比較すればよい。

【0231】

10

20

30

40

50

(14) 式において、 $h_{st} = 0$ とすれば、 $P_{sq1} \rightarrow 0$ 、 $P_{sq2} \rightarrow 0$ である。 P_{s0} は隙間 h には依存しないため、次の隙間 h の関数 ϕ を用いて、 h に対する ϕ の値をプロットして変曲点 h_x を求めればよい。

【0232】

【数22】

$$\phi = \frac{1}{R_n + R_p + R_s} \quad (19)$$

【0233】

流体補給装置にねじ溝ポンプを用いる場合は、内部抵抗は $R_s = P_{max} / Q_{max}$ である。ポンプの最大流量 Q_{max} 、最大圧力 P_{max} は理論的に求められる場合が多いが、もしそれが困難な場合は、図8のグラフに相当する圧力・流量特性を次の方法で実験的に求めても良い。

【0234】

最大流量 Q_{max} は、吐出ノズルを離脱した状態で連続吐出させて、単位時間当たりの総流量を測定する。最大圧力 P_{max} は、吐出ノズルの代わりに圧力センサーが装着された治具を装着し、流量ゼロの状態では圧力を測定すればよい。流体補給装置にねじ溝ポンプ以外のポンプを用いた場合、圧力・流量特性が線形関係ではない場合は、動作点を中心に線形化してその傾斜角から内部抵抗 R_s を求めれば良い。

【0235】

図18A、図18Bで示した流量調整の別方法（本発明の第4実施形態）のように、流体補給装置（たとえば、ねじ溝ポンプ）から各ノズルに至る流通路の途中に流量補正機能（装置）を設けた場合、あるいは、絞りがある場合はこの部分の流体抵抗 R_x を上記 R_s に加えて、みかけの流体補給装置の内部抵抗（ $R_s + R_x \rightarrow R_s$ ）とすればよい。

【0236】

流体抵抗 R_n 、 R_p は通常よく知られた理論式（例えば15式、16式）から求められるが、形状が複雑ならば数値解析を用いるか、あるいは実験的に求めても良い。内径に対して絞り部分の長さが短いオリフィスの場合は、線形抵抗の式（例えば15式）が成り立たなくなるが、この場合は動作点を中心に線形化して、見かけの流体抵抗とすればよい。

【0237】

以下、本発明を適用した塗布装置の特徴を追記する。

(i) 吐出量 Q_s は塗布流体の粘度の影響を受けにくい。

【0238】

14式において、流体抵抗 R_n 、 R_p 、 R_s は粘度 μ に比例する。また、供給源圧力 $P_{s0} \equiv$ ねじ溝最大圧力 P_{max} とすれば、 P_{s0} は粘度 μ に比例する。

【0239】

したがって、(14) 式の分母・分子の粘度 μ はキャンセルされる。そのため、本ディスペンサの吐出量は粘度に依存しにくい。通常、流体の粘度は温度に対して対数的に大きく変化する。その温度変化に対して鈍感であるという点は、塗布システムを構成する上で極めて有利な特徴となる。

(ii) 高い塗布精度が得られると共に、構造がシンプルである。

【0240】

本発明のディスペンサを、たとえばPDPの間欠塗布に適用した場合、前述したように、間欠塗布における1ドット当りの塗布量は、「供給源ポンプの圧力・流量特性と吐出ノズル流体抵抗の動作点の流量」と「間欠周波数」で決定される。たとえば、供給源ポンプの一例としてねじ溝ポンプを用いる場合、吐出ノズルが装置に装着されていれば、1ドット当りの塗布量はねじ溝ポンプの回転数 N と間欠塗布の周波数 f だけで決定される。

【0241】

塗布量は、ピストンのストローク、ピストンの絶対位置精度、塗布流体粘度に鈍感であるため、ピストン駆動部（例えば図10の67）の構成をシンプルにできる。

【0242】

以下、従来ディスペンサの場合は、1ドット当りの塗布量がどのように決まるかという点について説明する。

【0243】

エア方式によるディスペンサは、定圧源から供給される定量の空気を容器（図25の600内）にパルス的に印加させ、容器内の圧力の上昇分に対応する一定量の液体をノズル602から吐出させるものである。そのため、（1）吐出圧脈動による吐出量のばらつき、（2）水頭差による吐出量のばらつき、（3）液体の粘度変化による吐出量変化、等がばらつきの要因となる。

【0244】

上記（2）は、シリンダ内の空隙部600の容積が液体残量Hによって異なるため、一定量の高圧エアを供給した場合、空隙部600内の圧力変化の度合いが、上記Hによって大きく変化してしまうというのがその理由である。液体残量が低下すれば、塗布量が例えば最大値と比べて50～60%程度減少してしまうという問題点があった。そのために、吐出毎に液体残量Hを検知し、吐出量が均一になる様にパルスの時間幅を調整する等の方策がなされている。

上記（3）は、例えば多量の溶剤を含んだ材料が時間とともに粘度が変化した場合に発生する。そのための対策として、時間軸に対する粘度変化の傾向をあらかじめコンピュータにプログラミングしておき、粘度変化の影響を補正する様に例えばパルス幅を調節する等の方策がなされていた。

【0245】

従来ねじ溝式ディスペンサ（具体構造は記載せず）で間欠塗布を行う場合は、（1）モータとねじ溝の間に電磁クラッチを介在させ、吐出のON、OFF時にこの電磁クラッチを連結あるいは開放する、（2）DCサーボモータを用いて、急速回転開始あるいは急速停止させる、方法を用いていた。しかし、上記いずれも機械的な系の時定数で応答性が決まるため、高速間欠動作には制約があった。また、ポンプ軸の過渡応答時（回転始動時と停止時）の回転特性に不確定要因が多いため、流量の厳密な制御は難しく、塗布精度にも限界があった。

【0246】

ジェット式ディスペンサ（図26）の場合、前述したように、ニードル555の端部に形成された球面形状の凸部と、吐出側に形成された球面形状の凹部を高い精度で噛み合わせる必要がある。

【0247】

インクジェット方式（図28）の場合、圧電素子653により振動板652を厚み方向に変形させてインク室654の容積を減少→圧力上昇により流体を吐出させるものである。

【0248】

上述したいずれの塗布方式も、吐出ノズルに直結した空間の容積を何らかの手段（又は装置）で変化させ、「空間の容積変化分＝1ドット当りの塗布量」という図式により、塗布量を制御する方法であった。本発明のディスペンサの場合、前述したように、ピストンによる空間の容積変化は塗布量を決めるのではなく、その役割は、供給源ポンプの連続流量（Analog）を間欠流量（Digital）に変えるA/Dコンバータである。したがって、本ディスペンサではピストン駆動部における相対移動する部材の高精度加工、組み立て時の部材間の正確な位置合わせ、ピストン・ストロークの絶対精度の確保など、従来ディスペンサで要求されるこれらの工程管理が大幅に簡素化される。

【0249】

したがって、複数本のピストンを独立駆動するマルチヘッド全体もおおいに構造的に簡素化できる。

(iii) 粉流体の流路内での詰まりに対する信頼性が高い

本発明を適用すれば、ポンプの吸入口から吐出ノズルに至る流路の開口面積を十分に大

10

20

30

40

50

きくとれるため、粉流体に対する信頼性が高い。

【0250】

特に、吐出ノズルに繋がる流通路であるピストン端面とその対向面間の隙間 h を充分に大きくとれるため、粉体（たとえば、蛍光体の場合は粒径 $7 \sim 9 \mu\text{m}$ ）の詰まり防止に極めて有利となる。

【0251】

たとえば、マルチヘッド構成にして、各ヘッドの流量を微調節する場合、供給源ポンプの出力流量の設定方法（回転数で流量を調節）と併用することにより、隙間に対する吐出量の傾きが滑らかな $h_{\min} \approx h \times$ 近傍に最小隙間（例えば図15では $h_{\min} = 50 \mu\text{m}$ ）を設定すればよい。この $50 \mu\text{m}$ という数値は、通常よく使用される粉体径（数ミクロン～十数ミクロン）と比べて、十分に大きい。流量の微調節を第4実施形態（図18A、図18B）で行う場合、あるいは、各部品の部品精度が良好で各ヘッド間の流量ばらつきが無視できる場合は、最小隙間 h_{\min} は $150 \sim 200 \mu\text{m}$ 、あるいはそれ以上に設定してもよい。

【0252】

吐出ノズルの流路に直結するピストン端面（例えば図10の吐出室68）は、流路の方向が大きく変化する部分であり、粉流体を扱う場合、最も目詰まり等のトラブルが発生しやすい個所である。この部分で流路の隙間が大きく確保できるという点は、本発明の最も大きな特徴である。なお、微少粒子が含まれた蛍光体、接着材のような粉流体を塗布する場合は、流路の最小隙間 δ_{\min} は微少粒子径 ϕd よりも大きく設定すればよい。

【0253】

$$\delta_{\min} > \phi d \quad \dots \quad (20)$$

以上、本発明の実施形態及び実施例では流体補給装置にねじ溝式ポンプを用いた。本発明を実現するためには、ねじ溝式以外の型式のポンプでも適用できるが、ねじ溝式の場合、ねじ溝を構成する各種パラメータ（ラジアル隙間、ねじ溝角度、溝深さ、グループトリッジの比など）を変えることにより、最大圧力 P_{\max} 、最大流量 Q_{\max} 、内部抵抗 $R_s (= P_{\max} / Q_{\max})$ を自由に選択できる点が有利である。

【0254】

また、完全非接触で流路を構成できるため、粉流体を取り扱う場合に有利である。

【0255】

なお、本発明における流体補給装置としてのポンプの形態は、ねじ溝式に限らず他の方式のポンプも適用可能である。たとえば、スネイクポンプと呼ばれるモノ式、ギヤ式、ツインスクリュウ式、シリンジ式ポンプなどが適用できる。あるいは、流体を高圧エアで加圧するだけのポンプでもよい。

【0256】

図22は、本発明に流体補給装置にギヤ式を用いた場合のモデル図であり、700はギヤポンプ、701は流通路、702a、702b、702cはたとえば圧電アクチュエータなどで構成される軸方向駆動装置、703a、703b、703cはピストンである。

【0257】

ピストン駆動部を構成するピストンとその対向面の形状は、円形でなくてもよい。ピストンは長方形の形状でもよい。この場合は等価な面積を持つ円の半径を平均半径とする。

【0258】

上記実施形態及び実施例ではいずれも1ヘッドに対して1ノズルの構造であった。部品精度さえ確保できるならば、1ヘッドに n 本のノズルを装備してもよい。この場合、たとえば、1ドット当たりの流量を求める前述した基礎式は、ノズル n 本分として計算すればよい。たとえば同一仕様のノズルでは、 $R_n \rightarrow R_n / n$ として計算する。たとえば、独立セルの中に蛍光体を間欠塗布する場合、ノズル穴を長方形の独立リブの長手方向に複数個配置すれば、セル内部全域に塗布できるため、リブからの塗布流体のはみ出し防止に効果的である。実施例の場合は、PDP独立セルの形状は、 0.65 mm （縦） $\times 0.25 \text{ mm}$

m (横) であった。この場合、たとえば 0.65 mm を 4 分割して、中央部を含む左右 2 箇所 (総計 3 箇所) にノズル穴を形成すればよい。また、ステージの走行方向に対して直角方向に、同色の蛍光体を塗布するノズル穴を形成して、複数の独立セル内に蛍光体を塗布するようにすれば、生産性は一層向上する。

【0259】

微少流量を扱う本実施形態及び実施例のポンプでは、ピストンのストロークは、大きくとも数十ミクロンのオーダーでよく、超磁歪素子、圧電素子などの電磁歪素子を用いても、ストロークの限界は問題とならない。

【0260】

また、高粘度流体を吐出させる場合、スクイーズ作用によって大きな吐出圧の発生が予想される。この場合、ピストンを駆動する軸方向駆動装置には高い流体圧に抗する大きな推力が要求されるため、数百～数千 N の力が容易に出せる電磁歪型アクチュエータの適用が好ましい。電磁歪素子は、数 MHz 以上の周波数応答性を持っているため、ピストンを高い応答性で直線運動させることができる。そのため、高粘度流体の吐出量を高いレスポンスで高精度に制御できる。

【0261】

応答性を犠牲にするならば、ピストンを駆動する軸方向駆動装置にムービングマグネット型、ムービングコイル型のリニアモータあるいは電磁ソレノイド等を用いてもよい。この場合、ストロークの制約は解消される。(図示せず)

スクイーズ効果による発生圧力と流量は、(11) 式あるいは図 4、図 5 のグラフからわかるように、ピストン端面とその対向面間隙間の変位入力波形に対して、位相が $\Delta \theta = \pi/2$ だけ進んだ波形となる。すなわち、ピストンが下降中 ($dh/dt < 0$) の区間で流体が吐出される。たとえば、塗布対象の基板をステージで移動させながら間欠塗布する場合、塗布個所に照準を合わせて高い位置精度で塗布するためには、ピストン隙間の変位入力信号 S_h に対して、位相が $\Delta \theta = \pi/2$ 進んで塗布されることを考慮して、ステージと変位入力信号 S_h のタイミングを合わせればよい。たとえば、ピストンが上昇中にステージを移動させ、停止後、ピストンを下降させて対象の基板に塗布すればよい。(図示せず)

図 23A、図 23B はプリンタなどで用いられているバイモレフ型圧電素子を用いた場合の本発明の適用例を示す。バイモレフ型の圧電素子を用いて、相対移動する 2 面を構成し、この 2 面間に形成される吐出室と、流体補給装置の一例であるねじ溝ポンプを連絡している。

【0262】

900 は主軸であり、ハウジング 901 に対して回転方向に移動可能に収納されている。主軸 900 はモータ 902 により回転駆動される。903 は主軸 900 とハウジング 901 の相対移動面に形成されたねじ溝である。本適用例では、流体補給装置としての供給源ポンプには、極小径の主軸 900 の表面あるいはこの主軸 900 を収納するハウジング 901 内面に溝 903 を形成したねじ溝ポンプを用いる。このマイクロねじ溝ポンプが、複数の吐出室へ流体を供給する共通の流体補給装置となる。904 は流体の吸入口、905 は薄板のダイヤフラム、906 はダイヤフラム 905 を厚み方向に変形させるバイモレフ型圧電素子 (隙間方向の駆動手段)、907 はハウジング 901 に装着された吐出ノズルである。ダイヤフラム 905 の吐出側端面とその固定側対向面が隙間方向に相対移動する 2 面であり、この 2 面で形成される空間が吐出室 908 となる。909 は主軸端部、910 はこの主軸端部 909 と吐出室 908 を結ぶ流通路である。圧電アクチュエータの場合、圧電素子の変形の利用形態により幾つかの方式があるが、上記適用例は振動板と圧電体を積層させて、圧電体の面方向の伸長伸縮による振動板のたわみを利用する方法を用いている。この場合、高密度なノズル配列により、ひとつの塗布ユニットに多くのマルチヘッドを集積化できるため、生産性はおいに向上する。また、本適用例では、流体補給装置と吐出室 908 を繋ぐ流通路 910 には、従来インクジェット方式の場合に必要な絞り (図 28 の 656 相当) が無い。高粘度流体を吐出室へ吸入するときの充填遅れをもたら

す要因である絞りがないために、従来のインクジェットと比べて、高粘度流体が使える。たとえば、 $100\text{ mPa}\cdot\text{s}$ 程度の粘度が限界だった従来のインクジェットと比べて、10倍以上の高粘度流体を取り扱うことができる。各ヘッド間の流量のばらつきを補正するために、第4実施形態で示したように、ねじ溝ポンプから各ノズルに至る流通路の途中で流量補正機能（装置）を設けても良い。但し、この場合でも流量補正に必要な絞りの流体抵抗は、高速間欠塗布に支障のないように十分に小さくできる。

【0263】

本適用例の場合、吐出圧力の発生原理は、第1次、第2次スクイズ圧力だけではなく、液体中に伝搬される弾性波による圧力が加わる。但し、この場合でもねじ溝ポンプの高い内部抵抗が逆流を防止して、流体を効率良く吐出ノズルから流出させる効果をもたらすという点は同様である。 10

【0264】

ピストン、あるいはこのピストンに相当するダイヤフラムを高い周波数で駆動させる程、間欠塗布は限りなく連続塗布に近づいていく。この間欠塗布を擬似連続化して、連続線を描画してもよい。

【0265】

この場合、連続線としての流量の調節は、1ドット当たりの塗布量の調節と同様な方法が適用できる。

【0266】

また、吐出側に時間遅れ要素として、小径で長いパイプを装着し、その先端に吐出ノズルを設けるような構成にすれば、擬似連続化はさらに低い周波数でも可能である。（図示せず） 20

微小量の流体を、高速・高精度に間欠吐出させることのできる本発明は、塗布技術だけではなく、様々な用途に適用できる。たとえば、従来ガラス成型加工に代わり、DVD用光ピックアップ、カメラ、プリンタなどに用いられるマイクロレンズを製造する手段（方法又は装置）としても適用することができる。

【0267】

以上の説明は間欠塗布だけについて記述したが、[2]具体的な実施形態及び実施例、あるいは、[3]マルチヘッドの場合、で開示した塗布装置の構造は連続塗布の場合でも適用できる。この場合、ピストン端面とその対向面間の隙間を可変させて流量を調節してもよい。あるいは、ピストンの上昇、下降に伴うスクイズ圧力の発生を利用して、塗布線の始末端を制御してもよい。（図示せず） 30

なお、上記様々な実施形態のうちの任意の実施形態を適宜組み合わせることにより、それぞれの有する効果を奏するようにすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0268】

【図1】本発明の適用例のモデルの一例の一部断面図である。

【図2】各構成部材の寸法関係を示す一部断面図である。

【図3】本発明の適用例の等価電気回路モデルの図である。

【図4】ピストンの変位曲線の一例を示すグラフである。

【図5】本発明の吐出圧力特性の解析結果のグラフである。

【図6】本発明の吐出流量特性の解析結果のグラフである。

【図7】回転数を変えて吐出圧力特性を比較した解析結果のグラフである。

【図8】ねじ溝ポンプの流量と圧力の関係を示す図である。

【図9】本発明の第1実施例を示す断面図である。

【図10】本発明の第2実施例で、ねじ溝ポンプとピストンを分離して構成した場合を示すモデルの一部断面図である。

【図11】本発明の第3実施例であるマルチヘッドを示す斜視図である。

【図12】マルチヘッドの場合の等価電気回路モデルを示す図である。

【図13】ピストン最小隙間を変えて吐出圧力特性を比較した解析結果のグラフである。 50

【図14A】ピストン周辺のモデルの一部断面図である。

【図14B】図14Aにおいて本発明の1ドット当りの総吐出量とピストン最小隙間の関係を示すグラフである。

【図15】本発明のディスペンサがPDPの独立セル内に蛍光体を打ち込んでいく状態を示す斜視図である。

【図16】図15の拡大斜視図である。

【図17A】本発明の第3実施形態を示す正面一部断面図である。

【図17B】上記第3実施形態の側面図である。

【図17C】上記第3実施形態の上面図である。

【図17D】上記第3実施形態の上部底板と下部底板で形成される流通路のみを示す図である。 10

【図17E】図17Aのダイヤフラム部分の拡大一部断面図である。

【図18A】本発明の第4実施形態を示す正面一部断面図である。

【図18B】ねじ溝ポンプとダイヤフラムを繋ぐ流通路を示すモデルの図である。

【図19A】ピストンの時間tに対する変位曲線hを示す図である。

【図19B】時間tに対するモータの回転数Nを示す図である。

【図20】本発明の第5実施形態を示す斜視図である。

【図21A】間欠塗布に「塗布休止区間」を設ける場合のピストンの変位波形を示す図である。 20

【図21B】基板上に塗布されたドットを示す図である。

【図22】本発明の流体補給装置にギヤポンプを用いた場合のモデルの一部断面図である

。 【図23A】バイモレフ型圧電素子を用いた場合の本発明の適用例を示す上面図である。

【図23B】上記適用例の正面一部断面図である。

【図24】超磁歪素子を用いた噴射装置の従来考案例を示す一部断面図である。

【図25】従来のエアーパルス方式ディスペンサを示す一部断面図である。

【図26】従来のジェット式ディスペンサを示す一部断面図である。

【図27A】従来ジェット式ディスペンサの吸入工程を示すモデルの一部断面図である。

【図27B】従来ジェット式ディスペンサの吐出工程を示すモデルの一部断面図である 30

。 【図28】従来のインクジェットを示す一部断面図である。

【図29】プラズマディスプレイパネル（PDP）の構造を示す斜視図である。

【符号の説明】

【0269】

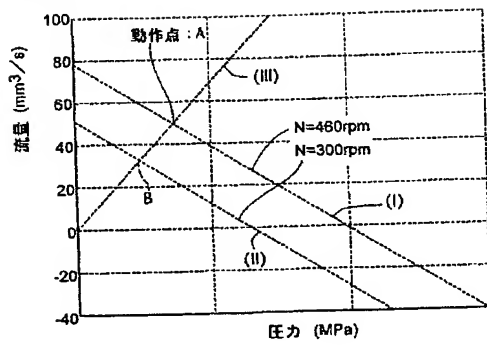
8, 9 相対移動する2面

6 流体補給装置

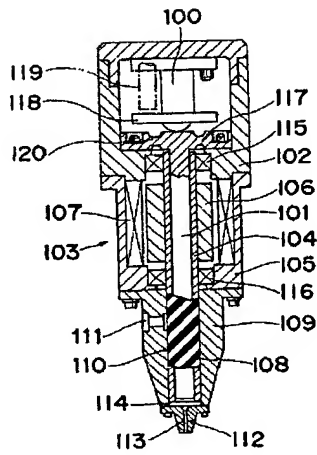
7 吸入口

10 吐出口

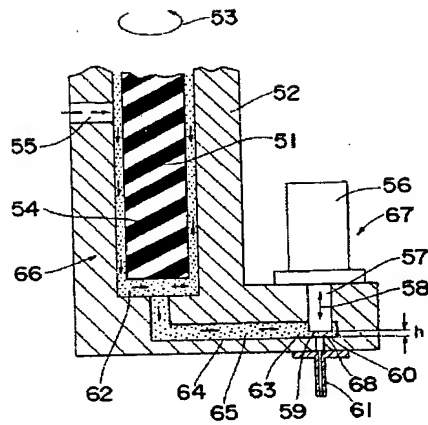
【図 8】



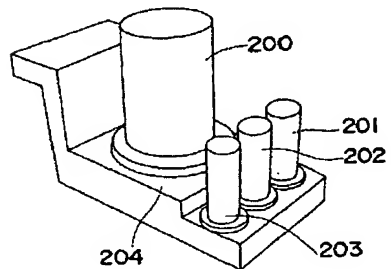
【図 9】



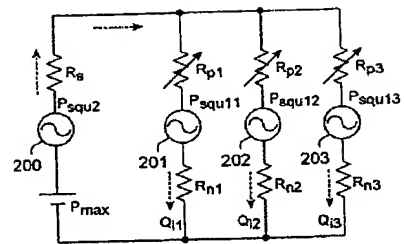
【図 10】



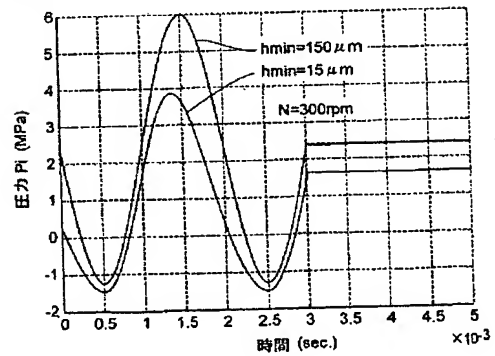
【図 11】



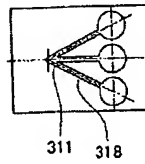
【図 12】



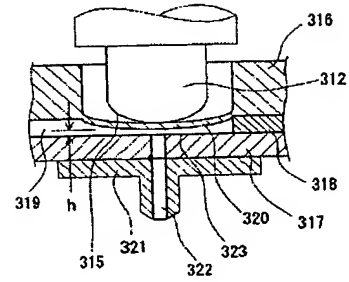
【図 13】



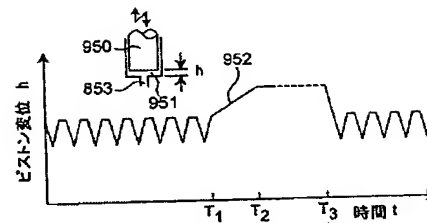
【図 17 D】



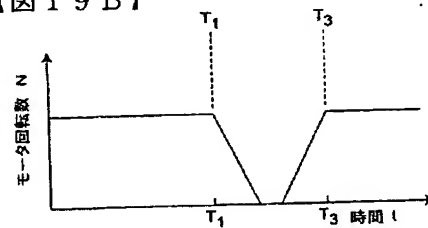
【図 17 E】



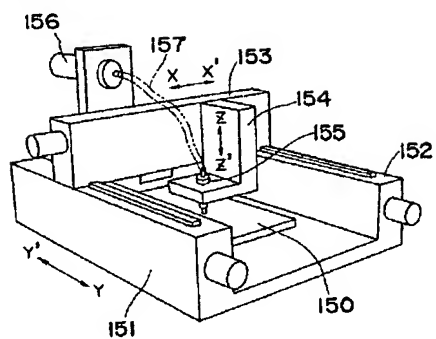
【図 19 A】



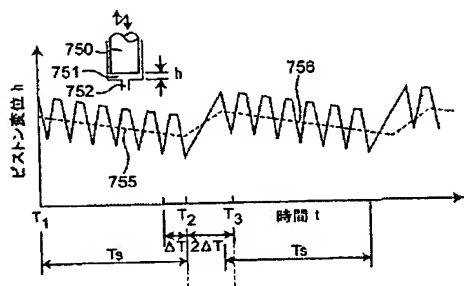
【図 19 B】



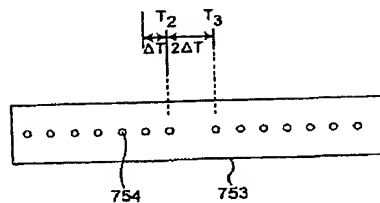
【図 20】



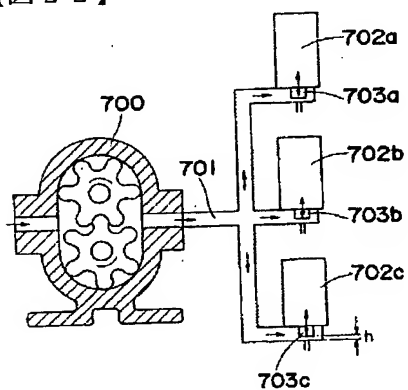
【図 21 A】



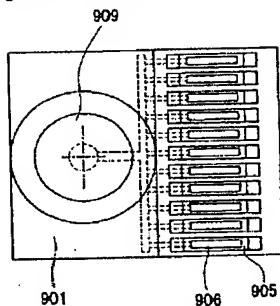
【図 21 B】



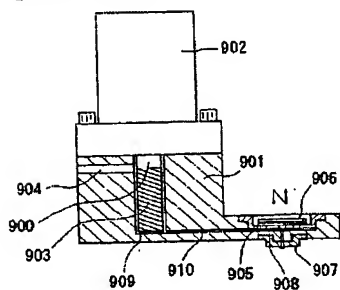
【図 22】



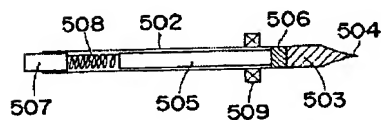
【図 23 A】



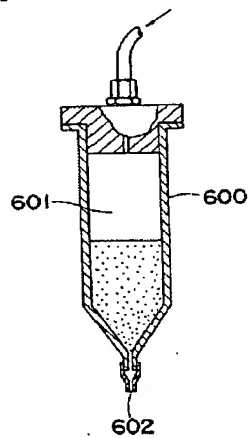
【図 23 B】



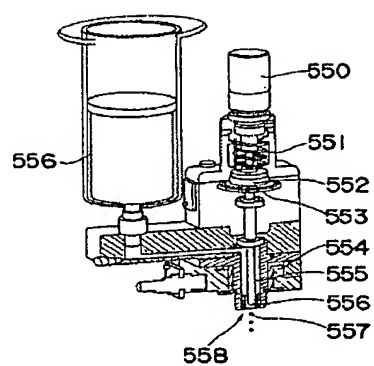
【図 24】



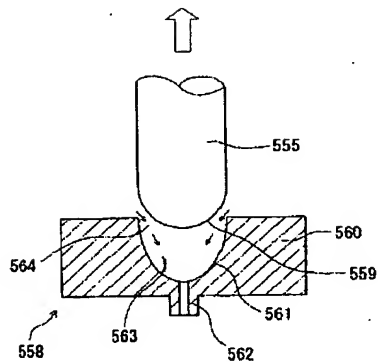
【図 25】



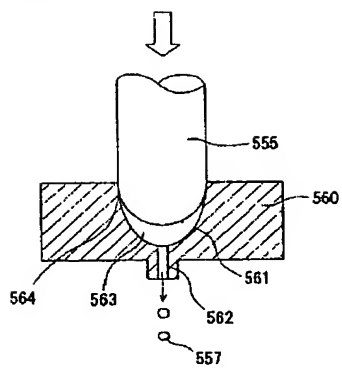
【図 26】



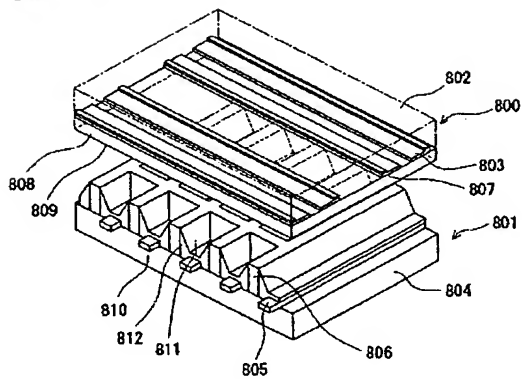
【図 27 A】



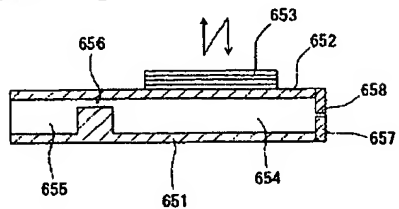
【図 27 B】



【図 29】



【図 28】



フロントページの続き

(72)発明者 日向 亮二

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

F ターム(参考) 4D075 AC07 AC09 AC84 AC93 AC94 AC95 AC96 CA47 CB09 DA06

D813 DC16 DC19 DC21 DC24 DC27 EA31 EA35 EA37 EC07

EC11

4F041 AA02 AA16 AB01 BA10 BA12 BA22 BA34 BA38

5F046 JA27